இலகு பௌதிகம்

பா. சவரிமுத்து, எம். ஏ.

ஹிக்கின்பாதம்ஸ்
பிரைவேட் லிமிடெட்

இலகு பௌதிகம்

(பி. ஏ. வகுப்பிற்கு)

இலகு பௌதிகம்

(பி. ஏ. வகுப்பிற்கு)

பா. சவரிமுத்து, எம். ஏ.,
பௌதிகப் பேராசிரியர்,
புனித சூசையப்பர் கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி

ஹிக்கின்பாதம்ஸ்
பிரைவேட் லிமிடெட்
மவுண்ட் ரோட், சென்னை - 2

முதற் பதிப்பு—செப்டம்பர் 1960

விலை ரூ. 3–75

ஞானோதயா பிரஸ்,
11, ஆண்டர்சன் தெரு, சென்னை-1.

அணிந்துரை

இந்த ஆண்டில் தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக அமைக்கும் புதுமுயற்சி எழுந்தோங்கியுள்ளது. பி. ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்கின்ற காட்சியைக் காணலாம். இடர்ப்பாடுகள் பல இருந்தாலும் இப்பெரு முயற்சியில் நாம் வெற்றி பெறுவது திண்ணம். நாடு முழுவதும் பரந்துள்ள மாணவர்களின் ஆர்வம், "தமிழிலேயே கற்பிப்போம்" என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பலப்பல கலைகளிலும், பொதுத்துறைகளிலும் பல்வேறு நிலையங் களிலும் தொண்டு செய்வோர் கலைச் சொல்லாக்கத்தில் உழைத்த பெருஞ் சிறப்பு, இவற்றிற்கும் மேலாக மிகமிகக் குறைந்த காலத்தில் தங்கள் தங்கள் சிறப்புத்துறையில் நூல்களை எழுதித்தர முன்வந்த நூலாசிரியப் பெருந் தகைகளின் உறுதியுள்ளம், தொண்டுணர்ச்சி இவற்றைக் கண்டபின் இத் திட்டத்தின் வெற்றியில் யாரே ஐயம் கொள்வர் ?

சிறப்பாகச் சென்னைப் பல்கலைக் கழகப் பேராசிரியர்களும் மற்றைய நூலாசிரியர்களும், எத்தனையோ நெருக்கடிகளிடையே, குறுகிய காலத்தில் அரியமுறையில் நூல்களை எழுதித் தந்துள்ளனர். பதிப்பு நிலையங்களும் முழுமனத்தோடு ஒத்துழைத்ததன் பயனாக வெகு விரைவில் இந்நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. அந்நூல்களில் ஒன்றான "இலகு பௌதிகம்" என்ற இந்நூலை மாணவர்களும் ஆசிரியர்களும் தமிழ் மக்களும் வரவேற்பார்கள் என நம்புகிறோம்.

பல பெரியோர்களும், நிலையங்களும் முன்னரே புதுக்கலைகளைப்பற்றிய நூல்களைத் தமிழில் எழுதி வெளியிட்டு வழிகாட்டியுள்ளார்கள். ஆயினும் கல்லூரியில் தமிழ் கல்விமொழியாகச் சிறந்து விளங்க வேண்டுமானால் இன்னும் எத்தனையோ நூல்கள் தமிழில் வெளிவரவேண்டும். எல்லோ ருடைய ஒத்துழைப்பாலும், விரைவில் மேலும் மேலும் பல நூல்கள் வெளி வரும் என்று உறுதியாக நம்புகிறோம்.

இந்த முயற்சியில் எத்தனையோ சிக்கல்கள் எழுந்தன. அவைகளை வெற்றிகரமாகத் தீர்த்துவைக்க முயற்சித்துள்ளோம். கலைச் சொற்களை அமைப்பதிலும், சிறந்தவர்களைக் கொண்டு பாட நூல்களைத் தமிழ் மரபோ, கலை மரபோ, பொருள் தெளிவோ சிறிதும் பிறழாதபடி எழுதுவதிலும் மாணவர்களின் ஆங்கிலத் தரம் குன்றாமல் காப்பதிலும், அவர்கள் மேலும் தாம் கற்கும் பொருள்களைப்பற்றிய நூல்களை ஆங்கிலத்தில் கற்கத் தூண்டு வதிலும் உள்ள இடர்ப்பாடுகள் பல உள்ளன. எனவே, பல பெரியார்கள் இம்முயற்சியைப்பற்றி ஐயம் கொண்டது வியப்பன்று. இத்தனைச் சிக்கல்

களையும் ஓருவாறு தீர்த்துள்ளோம் என்றால், குடியரசு வாழ்வில் எழுந்த தமிழ் மக்கள் ஆர்வமும், எதற்கும் அஞ்சாத உறுதியும், முன்னேற்ற உழைப்புமே காரணமாகும்.

எத்தனையோ தடைகளையெல்லாம் வெற்றியுடன் கடந்த நம் தமிழ் அன்னை கல்லூரிக் கலையாசனத்தில் அமர்கின்ற நிலையில் அவ்வன்னையை வாழ்த்துவோமாக; அவள் திருமுன்பு "மனமார உழைத்து வெற்றி காண்போம்", என்று உறுதி கொள்வோமாக. "உழைப்பில் வாரா உறுதிகள் உளவோ?"

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம்பெற வேண்டும். அதுவே தமிழ் அன்னையின் அருள் நோக்கம் ஆகும். கல்லூரித் தமிழ்க்குழு இத்துறையில் செய்துவரும் தொண்டினை இங்கே குறிப்பிடல் வேண்டும். சென்னைப் பல்கலைக் கழகத்தினைச் சார்ந்த கல்லூரி ஒன்றிலேதான் இந்த முயற்சி இன்று எழுகிறது. அப்பல்கலைக் கழகத்தின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்பிற்கும் நம் மனங்கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

சி. சுப்பிரமணியம்

17–5–'60

சென்னை நிதி-கல்வி அமைச்சர்.

முன்னுரை

கல்லூரி நிலையில் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழில் எவ்வாறு போதிப்பது என்னும் வினவுக்கு விளக்கம்போல எழுதப் பெற்றதே, இச்சிறு நூலாகும். சிறப்பாக, மூன்றுண்டு பி. ஏ. படிப்புக்குரியதாக அமைந்தது என்றாலும், பொதுவாக, பௌதிகத் துறைப் பாடங்களையும் தமிழில் எளிதாகக் கையாளலாம் என்னும் நம்பிக்கையை வளர்க்க இது உதவும் என நம்புகின்றேன்.

உயர்நிலைப் பள்ளிகளில் தமிழ் போதனா மொழியாக ஆனநாள் முதலாகவே, இத்துறையில் கவனம் செலுத்தி வந்துளேன். அந்த அனுபவத்தின் விளைவே இந்நூல் என்பதில் ஐயமில்லை. இந்நூலை எழுதுவதில் நான் மேற்கொண்டுள்ள முறை இதுதான்: சொல்லுவது இன்னதெனத் தெளிவாக இருத்தல் வேண்டும்; அதனை எளிதாகவும் சொல்லுதல் வேண்டும்; தமிழ் மொழியின் பண்பும் கூடுமானவரை சிதையா திருத்தல் வேண்டும். இந்த அடிப்படையில் இந்நூல் அமையுமாறு என்னால் ஆனவரை முயன்றுள்ளேன்.

எத்தனையோ வரையறைகளுக் கிடையில் விரைந்து எழுதி முடிக்கப் பெற்ற இந்நூலில் குற்றங்குறைகள் இல்லாமல் இரா. அவற்றை நீக்கி மேலும் சீர்திருத்துதற்கான குறிப்புகள் யாவும் அன்புடன் ஏற்கப்பெறும்.

திருச்சிராப்பள்ளி
1—6—1960

ஆசிரியர்

பொருளடக்கம்

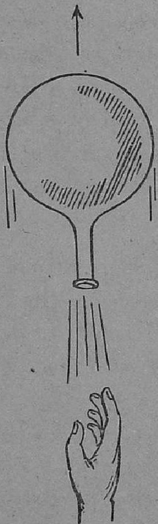
1. எதிர்விசையும் ஜெட் விமானங்களும்

விஞ்ஞானத் துறையில் நியூட்டன் செய்துள்ள அரும் பெரும் சேவைகளில் அவர் வகுத்துள்ள மூன்று இயக்க விதிகள் (laws of motion) மிக மிக முக்கியம் வாய்ந்தவை. இன்று உலகிலே புரட்சிகரமான சாதனைகள் என்று கருதப் படும் ஜெட் விமானங்களும், ராக்கெட் விமானங்களும் நியூட்ட னின் மூன்ருவது இயக்க விதியை அடிப்படையாகக் கொண் டவையே.

இவ்வளவு முக்கியம் வாய்ந்த நியூட்டனின் மூன்ருவது விதியை இங்கு கவனிப்போம். ஒவ்வொரு விசைக்கும் (force) சமமான எதிர்விசை உண்டு - என்பதே நியூட்டனின் மூன்ரு வது இயக்க விதியாகும். இதைச் சில எடுத்துக் காட்டுகளால் விளக்கலாம். ஒருவன் தண்ணீரில் நீந்தும்போது தன் கை களால் தண்ணீரைப் பின்னோக்கித் தள்ளுகிருன். எதிர் விசை யின் காரணமாக அவன் முன்னோக்கி உந்தப்படுகிருன். ஒரு குளத்தில் கால் பவுண்டு எடையுள்ள பலகை மிதந்து கொண்டிருக்கிறது. அதன் மேல் கால் பவுண்டு எடையுள்ள ஒரு தவளை உட்கார்ந்துள்ளது. நாலடி தூரத்தில் ஓர் ஈ வரு வதைப் பார்த்து அதைத் தாவிப் பிடிக்கிறது. பலகையைக் கவனித்தால், அது எதிரான திசையில் நாலடி தூரம் உதைத் துத் தள்ளப்படுவதைக் காணலாம். இதற்குக் காரணம் எதிர் விசையே (force of reaction). ஒரு தடாகத்தில் இரண்டு படகுகள் மிதந்து கொண்டிருக்கின்றன. இரண்டும் மிகச் சமீபமாக இருக்கும் போது ஒரு படகிலுள்ள ஒருவர் மற்றொரு படகைப் பிடித்து விசையாகத் தள்ளுகிருர். அவர் இருக்கும் படகைப் பார்த்தால் அது எதிரான திசையிலே உந்தப்படு வதைக் காணலாம்.

இன்னும் சில உதாரணங்கள் கொடுக்கலாம். துப்பாக்கி யைச் சுடும்போது அதிலிருந்து குண்டுகள் வெளியே பாய்ந்து செல்லுகின்றன. எதிர் விசையின் காரணமாகத் துப்பாக்கி எதிரான திசையில் உதைத்துத் தள்ளப்படுகிறது. சிறுவன்

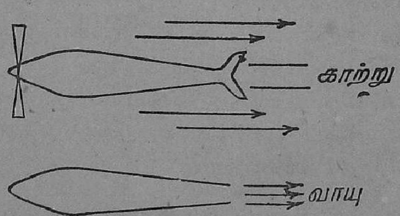
ஒருவன் உருண்டை பலூன் ஒன்றை வாங்கி ஊதுகிருன். ஊதி, அதன் கழுத்தை அழுத்திப் பிடித்துக் கொண்டிருக் கிருன். அதன் வாய் கீழ் நோக்கிய வாறு இருக்கிறது. சிறு வன் பிடியைச் சட்டென்று விட்டுவிட்டால், பலூன் மேலே விருட்டென்று தாவுகிறது. மேற் கூறிய உதாரணங்களிலிருந்து நியூட் டனின் மூன்ருவது விதியைத் தெளிவாக அறிகிருேம். இத் தத்துவத்தை அடிப் படையாகக் கொண்டுதான் ஜெட் விமா னங்களும், ராக்கெட் விமானங்களும் அமைக்கப் பட்டுள்ளன.



படம் 1.
பலூன் உந்தப்படுதல்

ஜெட் விமானங்கள் : ஜெட் விமா னங்களின் அடிப்படை அமைப்பை மேலே கூறப்பட்டுள்ள பலூன் உதாரணத்தி லிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம். ஊதப் பட்ட பலூனுக்குள் அமுக்கம் மிகுந்த காற்று அடைபட்டு இருக்கின்றது. இக் காற்று வெளிவர சதா எத்தனித்துக் கொண்டு இருக்கிறது. பிடியை விட்டவு டன் உள்ளிருக்கும் காற்று பீரிட்டுக் கொண்டுவெளிவருகிறது. இதனுல்பலூன் எதிரான திசையில் உந்தப்படுகிறது.

ஓர் ஆகாய விமானம் இயங்குவதிலும் இதே தத்துவத் தைக் காண்கிருேம். முன்தள்ளி (propeller) எனப்படும் விசிறி வேகமாகச் சுழலும் போது வெளியேயுள்ள காற்றை விசையுடன் பின் னேக்கித் தள்ளுகிறது [படம் 2]. எதிர் விசை யானது விமானத்தை முன்னேக்கிச் செலுத்து கிறது. ஒரு விமானம் முன்னேக்கிச் செல்ல வேண்டுமானுல் அதன் பின்புறமாகக் காற்ருே, வெடிக்கும்

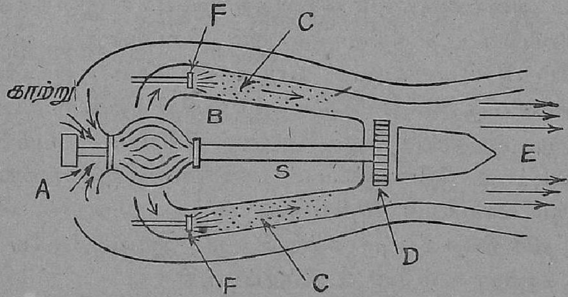


படம் 2. விமானம் இயங்கும் விதம்

வாயுக்களோ பின்னேக்கிப் பீரிட்டு வெளி வரவேண்டும். இதுவே ஜெட்விமானங்கள், ராக்கெட் விமானங்கள் இவைகளின் தத்துவமாகும்.

ஜெட் விமானங்களில் இருவகையுண்டு. அவை டர்போ ஜெட் (turbo-jet) விமானங்கள், பல்ஸ் ஜெட் (pulse-jet) விமானங்கள் என்பனவாம்.

டர்போ-ஜெட் விமானம் : இதன் அமைப்பு படம் 3-ல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. ஜெட் விமானம் முன்னேக்கிச் செல்



படம் 3. டர்போ-ஜெட் விமானம்

லும் போது வெளியிலுள்ள காற்று A என்ற திறப்பு வழியாக உள்ளே செல்லுகிறது. B என்பது ஒரு விசிறி அமைப்பு (turbine) ஆகும். உள்ளே விசையுடன் செல்லும் காற்று இந்த விசிறியின் தகடுகளைச் சுழற்றுகிறது. இதனுல் உள்ளே சென்ற காற்று இருபுறங்களிலுமுள்ள CC என்ற வெடிக்கும் அறைகளுக்குள் (combustion chambers) விசையுடன் அழுத்தப்படுகிறது. இந்த அறைகளுக்குள்ளே மண்ணெண்ணெய் போன்ற எரிபொருள் FF என்ற குழாய்களிலிருந்து, பன்னீர் தெளிப்பதுபோல திவலைகளாகத் தெளித்துக்கொண்டேயிருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்சாரப் பொறி (electric spark) இவ்வறைகளுக்குள் சதா இருந்துகொண்டேயிருக்கிறது. எரி பொருள், காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து நெருப்புப் பிடித்து வெடிக்கிறது. இதனுல் வெப்ப நிலை சுமார் 1500 டிகிரிக்கு உயர்ந்து, அமுக்கம் வெகுவாக

அதிகரிக்கின்றது. அமுக்கம் மிகுந்த இவ்வாயுக்கள் வால் வழியாகப் பீரிட்டுக்கொண்டு வெளியே வருகின்றன. எதிர் விசையால் விமானம் முன்னேக்கி உந்தப்படுகிறது. அடுத்த படியாகத் திரும்பவும் முன்போல் எரிபொருள் வெடித்து வால் வழியாகப் பீரிட்டுக்கொண்டு வருகிறது. இது போல் எரி பொருள் வினடிக்குப் பலதடவைகள் வெடிப்பதால் விமானம் தொடர்ந்து முன்னேக்கிச் சென்றுகொண்டே இருக்கிறது.

மேலே கூறப்பட்ட B என்ற விசிறி அமைப்புத் தானகச் சுற்றினல் அல்லவா அது வெளியிலுள்ள 'காற்றை உறிஞ்சி, வெடிக்கும் அறைகளுக்குள் செலுத்த முடியும்? இதைச் சுற்றுவ தற்குத் தனிப்பட்ட எந்திரம் ஒன்றும் கிடையாது. வால் வழி யாகப் பீரிட்டு வெளிவரும் வாயுக்கள் D என்ற விசிறியில் மோதி வெளிவருகின்றன. இதனுல் விசிறி சுழன்றுகொண்டே இருக்கிறது. இந்த விசிறியும், B என்ற விசிறியமைப்பும் S என்ற ஒரு தண்டினல் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வால்வழியாக வெளிவரும் வாயுக்கள் விசிறியைச் சுற்ற, அதோடு சேர்ந்து B என்ற விசிறியமைப்பும் சுற்றுகிறது. இதனுலேயே வெளி யிலுள்ள காற்று உள்ளே உறிஞ்சப்படுகிறது.

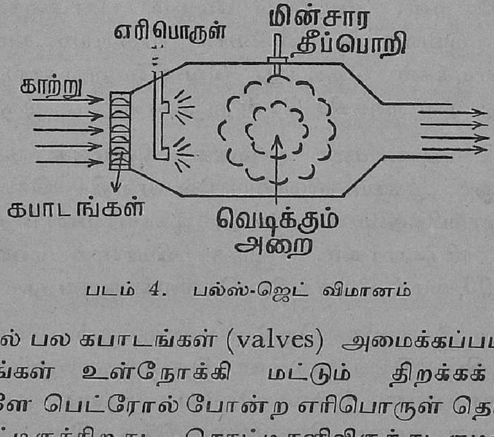
இந்த ஜெட் விமானம் தானகத் தரையிலிருந்து கிளம்பி மேலே செல்லமுடியாது. அவ்வாறு செல்லவேண்டுமானல், அந்த விசிறியமைப்புத் தானகச் சுழலவேண்டும். ஆனல் அதற் கான அமைப்பு இந்த ஜெட் விமானத்தில் இல்லை. சாதாரண மாக இந்த ஜெட் விமானத்தை ஒரு ஆகாய விமானத்தோடு இணைத்துப் பொருத்திவைப்பார்கள். ஆகாய விமானம் சிறிது தூரம் சென்றபின்பு ஜெட் விமானம் இயங்கத் தொடங்கிவிடும். அதன்பின் ஜெட்விமானத்தை ஆகாயவிமானத்திலிருந்து விடு வித்து விடுவார்கள். இதற்குப் பின் ஜெட் விமானம் அதி லுள்ள எரிபொருள் தீரும்வரை தொடர்ந்து சென்று கொண்டே இருக்கும்.

பல்ஸ்-ஜெட் விமானம் : இது 1944-ல் புதிதாக அமைக் கப் பட்டு யுத்தக்கருவியாகப் பயன்பட்டது. ஜெர்மானியர் சென்ற இரண்டாவது உலக மகாயுத்தத்தில் கையாண்ட போர்க்கருவியான V-1 என்ற பறக்கும் குண்டு இவ்வகை

ஜெட் விமானத்தின் அமைப்பைக் கொண்டதே. அந்தப் பறக்கும் குண்டு, விமானியின்றி நூறு, இருநூறு மைல் தூரம் சென்று எதிரியின் நகரங்களின் மீதும், படைகளின்மீதும் குண்டுகளை வீசிற்று.

முன்பு விவரித்த ஜெட்விமானம் வெளியிலுள்ள காற்றைத் தொடர்ந்து உறிஞ்சி இயங்குகிறது. ஆனால் பல்ஸ்-ஜெட் விமானம் காற்றைத் தொடர்ந்து உறிஞ்சாமல் விட்டுவிட்டு உறிஞ்சி இயங்குகிறது. இதன் அமைப்பு படம் 4-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

இது ஒரு நீண்ட குழாயாலானது. இதன் பின்புறம் திறந்தும், முன்புறம் ஒரு தகட்டினால் மூடப்பட்டும் உள்ளது.



படம் 4. பல்ஸ்-ஜெட் விமானம்

இத்தகட்டில் பல கபாடங்கள் (valves) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இக்கபாடங்கள் உள்நோக்கி மட்டும் திறக்கக் கூடியன. இதற்குள்ளே பெட்ரோல் போன்ற எரிபொருள் தொட்டிகளில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. தொட்டிகளிலிருந்து குழாயின் வழியாக, வெடிக்கும் அறைக்குள் பெட்ரோல் பன்னீர் போல் திவலைகளாகத் தெளித்துக் கொண்டே இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. வெடிக்கும் அறையில் மின்சாரத் தீப்பொறி சதா இருந்து கொண்டே இருக்கும்.

ஜெட்விமானம் முன்னேக்கிச் செல்லும்போது, முன்னே யுள்ள காற்று, கபாடங்களைத் திறந்து கொண்டு குழாய்க்குள் செல்லுகிறது. வெடிக்கும் அறையில் பெட்ரோல் ஆவி ஆக்ஸிஜனுடன் கலந்து நெருப்புப் பிடித்து வெடிக்கிறது-

*

மோட்டார் எஞ்சினில் பெட்ரோல் ஆவி நெருப்புப் பிடித்து வெடிப்பது போல. இதனுல் வெப்ப நிலை சுமார் 2000 டிகிரிக்கு உயருகிறது; அதன் அமுக்கம் 30 காற்றமுக்கமாக (atmospheric pressure) அதிகரிக்கிறது. இப்போது கபாடங்கள் அடைத்துக் கொள்கின்றன. அமுக்கம் மிகுந்த வாயுக்கள் வால் வழியாகப் பீரிட்டுக் கொண்டு வெளிவருகின்றன; ஜெட்விமானம் முன்னேக்கி உந்தப்படுகிறது. வெடித்த வாயுக்கள் வெளியேறி விட்டதால் குழாயினுள் ஓரளவு வெற்றிடம் (vacuum) ஏற்படுகிறது. இதனுல் விமானத்திற்கு முன்னேயுள்ள காற்று கபாடங்களைத் திறந்து கொண்டு குழாய்க்குள் நுழைகிறது. முன்போல் மறுபடியும் பெட்ரோல் ஆவி தீப்பற்றி வெடிக்க, வாயுக்கள் வால் வழியே வெளிவருகின்றன. விமானம் மேலும் முன்னேக்கி உந்தப்படுகிறது. இவ்வாருக ஒவ்வொரு விநாடியும் சுமார் 30 தடவைகள் வாயுக்கள் வெடித்து வெளியேறுவதால் விமானம் தொடர்ந்து முன்னேக்கிச் சென்று கொண்டே இருக்கும்.

இந்த விமானமும் தானுகக் கிளம்பக் கூடியதன்று. இதையும் ஓர் ஆகாய விமானத்தில் ஏற்றிச் சென்று, இது இயங்க ஆரம்பித்தவுடன் இதை ஆகாய விமானத்திலிருந்து விடுவித்து விடுவார்கள். இந்த விமானம் மணிக்கு 300 அல்லது 400 மைல் வேகத்தில் செல்லக் கூடியது.

இந்த இருவகை ஜெட்விமானங்களும் வெளியிலுள்ள காற்றை உறிஞ்சிஇயங்கவல்லன. இதனுல் காற்றுப் பரவியுள்ள உயரம் வரைதான் இவை செல்ல முடியும். காற்றில்லாத வெற்றிடமான வான வெளியில் இந்த ஜெட்விமானங்கள் இயங்கா. வானவெளிச் செலவிற்கு, தன்னுள்ளேயே ஆக்ஸிஜனைக் கொண்டிருக்கும் ஒரு சாதனம் அவசியம். இதுதான் ராக்கெட் விமானம் என்பது.

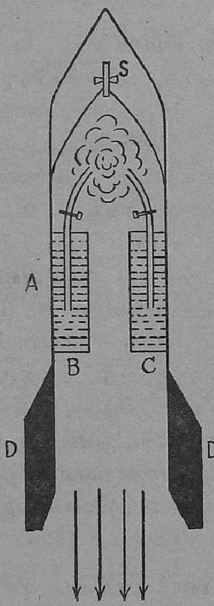
2. ராக்கெட் விமானம்

ராக்கெட்டின் தத்துவத்தை வெகுகாலமாகவே பல நாட்டவரும் அறிந்திருந்தார்கள். குறிப்பாக, சீனர்களும், பாரசீகர்களும், அரேபியரும், கிரேக்கர்களும் யுத்தகாலங்களில் ராணுவத்தின் பல்வேறு முகாம்களுக்குச் செய்தியனுப்பும் சாதனமாக ராக்கெட்டுகளை உபயோகித்து வந்தனர். இவர்கள் ராக்கெட்டுகளை எதிரிகளைத் தாக்கும் கணைகளாகவும் உப யோகித்து வந்தார்கள். இதன் அமைப்பு வாணவெடியின் அமைப்பைப் போன்றது. வாணக்காரன் மூங்கிற் குச்சியின் மேல் நுனியில் ஒரு வெடிமருந்துப் பொட்டலத்தைக் கட்டு கிறுன். பொட்டலத்தின் அடிப்பாகத்தில் ஒரு துவாரம் செய்து அதில் தீ வைக்கிறுன். வெடிமருந்து தீப்பிடித்து வெடிக்க, அதனுல் உண்டாகும் வாயுக்கள் கீழ்நோக்கிப் பீரிட்டுக்கொண்டு வருகின்றன. குச்சியை விட்டுவிட்டால் வாணமும் மேல்நோக்கிப் பாய்கின்றது. இந்த முறையில்தான் மேற்சொன்ன பல நாட்டவரும் ராக்கெட்டுகளை உபயோகித்து வந்தார்கள்.

இந்த நூற்றுண்டின் ஆரம்பத்தில்தான் ராக்கெட்டின் தத்துவத்தைக் கொண்டு பல சாதனங்களை அமைக்க முற்பட் டார்கள். இரண்டாவது உலக மகாயுத்தத்தில் ஜெர்மானியர் ராக்கெட் அமைப்புகளைக் கொண்டு கொடூரமான போர்க் கருவிகளை அமைப்பதில் வெற்றி கண்டார்கள். அதற்குப்பின் இத்துறை தீவிரமாக விருத்தியடைந்துவிட்டது; சந்திரமண்ட லத்திற்கும் இதர கோள்களுக்கும் போவதற்குரிய ராக்கெட் வாகனங்களையே அமைத்து, விஞ்ஞானி, மக்களைப் பேராச் சரியத்திலும், பேரச்சத்திலும் ஆழ்த்திவிட்டான்.

தற்கால ராக்கெட் விமானத்தின் அமைப்பை இங்கு ஆராய்வோம். இதன் அமைப்பு படம் 5-ல் காட்டப்பட் டுள்ளது. இது ஒரு நீண்ட குழாயாலானது. குழாயின் மேல்முனை கூம்புபோன்ற அமைப்புக்கொண்டது. எளிதாகக்

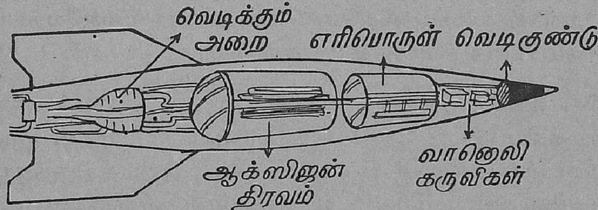
காற்றைத் துளைத்துக்கொண்டு செல்லுதற்கு இந்த அமைப்பு அனுகூலமாக இருக்கிறது. அடிப்பாகம் திறந்து இருக்கிறது. இந்த ராக்கெட் சாயாமல் செல்லுவதற்கு ஏற்றவாறு இரண்டு தகடுகள் குழாயினடியில் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. குழாயினுள் இரண்டு தொட்டிகள் அமைந்துள்ளன. ஒரு தொட்டியில் ஆல்கஹாலோ (alcohol), காஸொலினோ (gasolene) போன்ற எரிபொருள் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மற்ருெரு தொட்டியில் எரிபொருள் எரிவதற்கு இன்றியமையாத ஆக்ஸிஜன் திரவமாக வைக்கப் பட்டுள்ளது. இவ்விரு தொட்டிகளிலிருந்தும் குழாய்கள் வழியே வெடிக்கும் அறைக்குள் இருதிரவங்களும் பன்னீர்போல் திவலைகளாகத் தெளிப்பதற்கான எந்திர அமைப்புகள் இருக்கின்றன.



படம் 5. ராக்கெட்

திரவங்களைக் கொண்டுசெல்லும் குழாய்களில் அமைந்துள்ள கபாடங்கள், எந்திரங்களின் இயக்கத்தால் வினடிக்கு 30 தடவைகள் திறந்து மூடுகின்றன. வெடிக்கும் அறையில் மின்சாரத் தீப்பொறி சதா இருந்துகொண்டே இருக்கும். எரிபொருள் வாயு ஆக்ஸிஜனில் எரிந்து, வெடித்து வெப்பநிலை சுமார் 2000°Cக்கு உயருகிறது. அதனல் வாயுக்களின் அமுக்கம் காற்றைவிட சுமார் 30 மடங்கு அதிகரிக்க, வாயுக்கள் கீழ்நோக்கித் திறந்த வால்வழியாகப் பீரிட்டு வெளிவருகின்றன. ராக்கெட் விமானம் மேல்நோக்கி உந்தப்படுகிறது. இதுபோல் ஒவ்வொரு விநாடியும் வாயுக்கள் சுமார் 30 தடவை வெடித்து வெளிவருவதால் ராக்கெட் விமானம் செங்குத்தாக மேல்நோக்கிச் சென்றுகொண்டே யிருக்கிறது. எரிபொருள் தீரும் வரையில் ராக்கெட் செங்குத்தாகவே செல்லும்.

ஜெர்மானியர் உபயோகித்த V–2 என்ற யுத்தக் கருவி ஒரு ராக்கெட் விமானமாகும். அது இருபுறமும் கூம்பிய வடிவுள்ள குழாயாலானது. அதன் நீளம் 46 அடி ; மத்தியில் அதன் குறுக்களவு 5 அடி. அதன் கூம்பிய முனையில் வெடி



படம் 6. V–2 பறக்கும் குண்டு

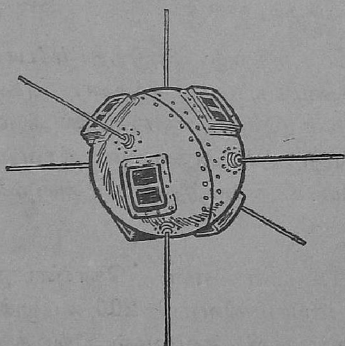
குண்டு வைக்கப்பட்டிருந்தது. அதற்கு அடுத்தாற்போல் வானொலி (radio)க் கருவிகள் அமைக்கப்பட்டிருந்தன. அதன் பின்புறத்தில் இரண்டு தொட்டிகள் இருந்தன. ஒன்றில் ஆல்கஹால் போன்ற எரிபொருளும், மற்றதில் ஆக்ஸிஜன் திரவமும் வைக்கப்பட்டிருந்தன. கடைசியாக அமைந்துள்ள அறையே வெடிக்கும் அறையாகும்.

இந்த பயங்கரக் கருவி 12 டன் எடை கொண்டது. இது இயங்கும்போது 60 மைல் உயரம் கிளம்பி 200 மைலுக்கு அப்பால் உள்ள இலக்குகளைக் குறி தவருமல் அடிக்கும் வன்மை வாய்ந்தது. இது ஒலியைவிடக் கொடிய வேகத்தில் பாய்ந்து செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்டிருந்தது. ஒலியின் வேகம் மணிக்கு 800 மைல் என்ருல், இதன் அரக்க வேகம் மணிக்கு 3600 மைல்! இந்தப் போர்க்கருவி பாய்ந்துவரும் ஒலியைக் கேட்பதற்குள்ளாக, பகைவனைத் தாக்கி, குண்டுகளை வீசி விடுகிறது. ஜெர்மானியரின் V-1 என்ற பறக்கும் குண்டு ஜெட் விமான அமைப்பு கொண்டது. இந்த V–1, V–2 என்ற இரண்டு பறக்கும் குண்டுகளும் வானொலி அலைகளால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டு (guided) இயங்கும் கணைகளாகும் (missiles).

வான்வெளிச் செலவு: சென்ற மூன்று ஆண்டுகளில் விஞ்ஞான உலகிலே புரட்சிகரமான சாதனைகள் உருவாகி

விட்டன. ராக்கெட் விமானத்தைத் கொண்டு செயற்கைத் திங்கள் (artificial satellite) பூமியை வட்டமிடுமாறு செய்ததுமல்லாமல், ராக்கெட் விமானத்தையே சந்திரமண்டலத்திற்கு அனுப்பிப் புள்ளி விவரங்கள் எடுத்துள்ளான் விஞ்ஞானி. அடுத்த படியாகச் சந்திர மண்டலத்திற்கு மட்டுமேயன்றி இதர மண்டலங்களுக்கும் மனிதனே சென்று வர வகையேற்படலாம் என்ற நம்பிக்கை இன்று எழுந்துள்ளது.

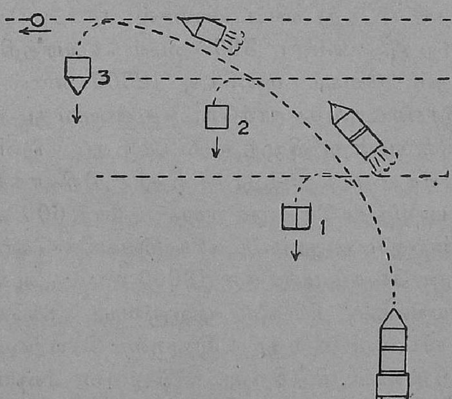
செயற்கைத் திங்கள் என்பது பல விஞ்ஞானக் கருவிகளை உள்ளடக்கிய ஒரு கோளமாகும். ரஷ்யர்கள் முதன் முதலாக இயக்கின ஸ்புட்னிக்கில் பல கருவிகளை அமைத்திருந்தார்கள். அது பூமியை வட்டமிடும் உயரத்திலுள்ள விஞ்ஞானப் புள்ளி விவரங்களைக் கணிக்கும் பல கருவிகளைக் கொண்டிருந்தது. முக்கியமாக வெப்ப நிலைமானி (thermometer), அமுக்கமானி (pressure gauge), ஈரமானி (hygrometer), x-கதிர்கள், காமா கதிர்கள் (gamma rays), காஸ்மிக் கதிர்கள் (cosmic rays) போன்றவைகளைத் தனித்தனியே பதிவு செய்யும் கருவிகள் ஆகியவை அதனுள் வைக்கப்பட்டிருந்தன. இக்கருவிகள் புள்ளி விவரங்களைப் பதிவு செய்து, அப்பதிவுகளை மின்காந்த அலைகளாக (electro-magnetic waves) மாற்றி, கோளத்திற்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் ஏரியல் (aerial) களிலிருந்து நாலா பக்கங்களிலும் பரப்பின. இவைகளை ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் கிரகித்துப் பதிவுசெய்து கொண்டார்கள்.



படம் 7. செயற்கைத் திங்கள்

இவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட செயற்கைத் திங்களை வேண்டிய உயரத்திற்கு எடுத்துச் சென்று தகுந்த வேகம் கொடுத்து பூமியைப் பொறுத்த வரையில் அதை மட்டமாக இயக்கினல் அது வட்டமாகச் சுற்றி ஓடிவரும். செயற்கைத்

திங்களை 500, 1000 மைல் உயரத்திற்குக் கொண்டு போவதற்கு ராக்கெட் விமானங்களை உபயோகித்தார்கள். அந்த ராக்கெட்டும் மூன்று அடுக்கு ராக்கெட்டாக அமைக்கப் பட்டிருந்தது. முதல் ஸ்புட்னிக்கின் எடை 186 பவுண்டு; அதை ஏற்றிச் சென்ற ராக்கெட் 72 அடி நீளமும், 11 டன் எடையும் கொண்டிருந்தது. அவ்வளவு பளுவுள்ள ராக்கெட் மூன்று அடுக்கு ராக்கெட்டுகளாக இராமல் ஒரே அமைப்பாக இருந்தால்அதன் கவசத்தை1000மைல் உயரம் வரை கொண்டு போக வேண்டி இருக்கும். அது அவசியமற்றது. அதற்குப் பதிலாக மூன்று ராக்கெட்டுகள் கொண்டதாக இருப்பின், அடியிலுள்ள முதல் ராக்கெட் இயங்கி அதிலுள்ள எரிபொருள் தீர்ந்தவுடன், காலியான அந்த ராக்கெட்டை நழுவ விட்டு விடலாம். அந்த அளவுக்கு எடை மிச்சம் ஏற்படும்; வேகமும்



படம் 8. செயற்கைத் திங்களை இயக்குதல்

அதிகமாகும். இரண்டாவது ராக்கெட்டும் காலியானவுடன் அதையும் நழுவ விட்டு விட்டால், இன்னும் அதிகமான வேகத்தை மூன்றுவது ராக்கெட் அடைய முடியும். இந்த

அவசியத்திற்காகவே மூன்று அடுக்கு ராக்கெட்டைக் கொண்டு செயற்கைத் திங்களை இயக்கினார்கள்.

மூன்றடுக்கு ராக்கெட் எவ்வாறு செயற்கைத் திங்களை இயக்குகிறது என்பதைக் கவனிப்போம் [படம் 8]. ராக்கெட்டைச் செங்குத்தாக நிறுத்தி வைத்து ஒரு தாங்கியின்மீது பொருத்தி வைக்கிறார்கள். மூன்றாவது ராக்கெட்டின் தலையின்மேல் செயற்கைத் திங்களைப் பொருத்தி வைத்து முதல் ராக்கெட்டை இயக்குகிறார்கள். தாங்கியிலிருந்து விடுபட்டவுடனே ராக்கெட் செங்குத்தாக மேலே கிளம்புகிறது. சுமார் 30 மைல் உயரத்தில் மணிக்கு 300 மைல் வேகத்தை அடைகிறது. அப்போது முதல் ராக்கெட் இரண்டாவது ராக்கெட்டை இயக்கிவிட்டுக் கழன்று விழுந்து விடுகிறது. இரண்டாவது ராக்கெட் சுமார் 45° கோணத்தில் சாய்ந்து செல்லுமாறு அதன் வால் சாய்த்து வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இப்பொழுது அடர்த்தியான காற்று மண்டலத்தைக் கடந்து விட்டபடியால் ராக்கெட்டின் வேகம் அதிகரிக்கின்றது. சுமார் 300 மைல் உயரத்தில் செல்லும் போது அதன் வேகம் மணிக்கு 12000 மைல் ஆகின்றது. இச்சமயம் இரண்டாவது ராக்கெட் மூன்றாவது ராக்கெட்டை இயக்கிவிட்டுக் கழன்று விழுந்து விடுகிறது. இனி இருப்பது மூன்றாவது ராக்கெட். இது சிறிது சிறிதாகச் சாய்ந்து கொண்டே பாய்ந்து செல்லுகிறது. சுமார் 600 மைல் உயரத்திற்குச் சென்றதும் அது மட்டமாக இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் போது அதன் வேகம் மணிக்கு 18000 மைல் ஆகிறது. அப்போது செயற்கைத திங்களை மூன்றாவது ராக்கெட் தன் பிடியிலிருந்து விட்டுவிடுகிறது. இதனால் செயற்கைத் திங்கள் பூமியைச் சுற்றி வட்டமிடுகிறது. இதுவரை ரஷ்யர் நான்கும், அமெரிக்கர் ஆறும் ஆக, பத்துசெயற்கைத் திங்கள்களை இயக்கியுள்ளார்கள்.

3. நேரத்தை அளத்தல்

பழங்கால மனிதனுக்கு நேரத்தைப் பற்றிய அக்கறையே கிடையாது. அவன் விழிப்பு வரும் வரையில் தூங்குவான்; பசித்த நேரத்தில் உண்பான். இன்றைய நாகரிக வாழ்க்கையில் ஒரு நாளைக்குக் கடிகாரங்கள் ஓடாமல் நின்றுவிட்டால் ரயில் வண்டிகள் காலாகாலத்தில் வந்து சேரா; தொழிற்சாலைகளிலும், இதர அலுவலகங்களிலும், எங்கும் ஒரே குழப்பம் உண்டாகிவிடும். கடிகாரத்தின் நிமிடமுள்ளைப் பற்றிக் கொண்டு நாம் வாழ்க்கையை நடத்துகிறோம் என்றே சொல்லலாம். ஆதி மனிதன் பசித்த நேரத்தில் உண்டான்; நாமோ, பசிக்கிறதோ இல்லையோ, மணி ஆகிவிட்டால், கபகபவென்று பசி எடுப்பது போல் நம்மையே ஏமாற்றிக் கொண்டு நாகரிக வாழ்வு வாழ்கின்றோம். இருப்பினும் நாகரிக வளர்ச்சிக்கேற்ப நுட்பமாக நேரத்தை அளக்கும் சாதனங்கள் அவசியந்தான்.

வானத்து விண்மீன்கள், கோள்கள், ஆகியவற்றின் ஒழுங்கான, கட்டுப் பாட்டுக்கு உட்பட்ட, இயக்கங்களிலிருந்தே மனிதன் நேரத்தை அளக்க முயன்றான். இரவு பகல் மாறிமாறித் தோன்றுவதும், பருவகாலங்கள் மாறிமாறி வருவதும் ஆதிமனிதனின் கவனத்தைக் கவர்ந்தன. பகல், இரவு, குளிர்காலம், வெயிற்காலம் போன்ற கால வேறுபாடுகளைவிட நேரத்தை நுட்பமாக அளக்கும் சாதனங்கள் தேவையாக இருந்தன.

பல்லாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே எகிப்தியரும், நம் நாட்டவரும் வானவெளியில் இயங்கும் சூரியன், சந்திரன், விண்மீன் கூட்டங்கள் முதலியவற்றின் சஞ்சாரத்தைப் பற்றி நன்கு அறிந்திருந்தார்கள். தொலை நோக்கி (telescope) போன்ற கருவிகள் ஒன்றுமே இல்லாத காலத்திலேயே கோள்கள் (planets) செல்லும் பாதை, காலம் முதலியவற்றைப் பற்றிய விவரங்களை நன்கு அறிந்திருந்தது வியக்கத்தக்கது ஆகும். இதிலிருந்து இரவு பகல் நேரங்களையும், சூரிய உதயம்,

மறைவு போன்ற காலங்களையும் கணித்திருந்தார்கள். ஒரு நாளின் நடுப்பகலிலிருந்து, மறுநாளின் நடுப் பகல் வரையில் உள்ள கால அளவே ஒருநாள் எனப்படும். ஆனால் இந்தக் கால அளவு ஓர் ஆண்டில் நாளுக்கு நாள் சிறிதளவு மாறும். இதனால் சராசரி நாளின் நேரத்தைக் கணித்து அதை 24 சம பாகங்களாகப் பிரித்து, அதில் ஒரு பாகத்தை ஒருமணி என்று கொண்டார்கள். ஒருமணியை 60 நிமிடங்களாகவும், ஒரு நிமிடத்தை 60 விநாடிகளாகவும்* பிரித்தார்கள்.

ஒரு நாளின் பகுதியான மணியைக் கணிப்பதற்கு சூரிய வட்டில் (sun dial) ஒன்றை அமைத்தார்கள். அவ்வட்டிலின் நடுவிலே செங்குத்தான ஒரு குச்சியை நிறுத்திவைத்து அதன் நிழலின் நீளத்தை அளந்து மணியைக் கணக்கிட்டார்கள். காலையிலிருந்து நடுப்பகல் வரை நேரம் ஆக ஆக நிழலின் நீளம் ஒரே அளவாகக் குறைந்து கொண்டே போவதில்லை. இதனால் அவர்கள் சூரிய வட்டில் கொண்டு கணித்த மணி சரியானதாக இல்லை. இதற்கு முக்கிய காரணம், பூமி சூரியனைத் தினமும் ஒரே வேகத்தில் சுற்றி வராததே. பூமி சூரியனை நீள் வட்ட (elliptical) மார்க்கமாகச் சுற்றி வருங்கால், சூரியனிலிருந்து ஒரே தூரத்தில் இல்லாமல், சிறிதுகாலம் நெருங்கியும், சிறிது காலம் எட்டியும் செல்கிறது. டிசம்பர் மாதத்தில் சூரியனுக்கு அண்மையில் வரும்போது அது அதிக வேகத்திலும், ஜூலை மாதத்தில்அது சூரியனிலிருந்து எட்டிச் செல்லும் போது குறைந்த வேகத்திலும் சுற்றிவருகிறது. பூமி சூரியனைச் சுற்றும் வேகத்தின் வேறுபாட்டை நுட்பமாக அறிந்தாலன்றி, சூரியவட்டிலைக் கொண்டு சரியான நேரம் கணிக்கமுடியாது. ஆயிரக் கணக்கான ஆண்டுகளாக சூரியனின் சலனத்தை ஆராய்ந்து வந்த பாபிலோனியரே (Babylonians) சரியான மணிகாட்டும் சூரிய வட்டிலை அமைத்ததாகச் சொல்லப்படுகிறது.

சூரியன் பூமிக்கு அண்மையிலுள்ள ஒரு விண்மீன் ஆகும். அண்மையிலுள்ள சூரியனை ஆதாரமாகக் கொண்டு ஒரு நாளைக் கணிக்கும் போது கணிப்பில் தவறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. சூரியனுக்குப் பதிலாக வெகு தொலைவில் உள்ள

---

*இங்குக் குறிப்பிடும் விநாடி நம் நாட்டின் விநாடியின் அளவல்ல.

விண்மீனை ஆதாரமாகக் கொண்டால், பூமி சூரியனைச் சுற்றி இயங்குவதில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் புலப்படா. ஒரு பொருளை அருகில் வைத்துப் பார்க்கும்போது அதிலுள்ள கோளாறுகள் நன்ருகப் புலப்படும். அதே பொருளை வெகு தொலைவில் வைத்துப் பார்த்தால், அது கோளாறுகள் அற்றதாகவே காணப்படும் அல்லவா? இதுபோலவே வெகு தொலைவில் உள்ள விண்மீனைப் பொறுத்த வரையில், பூமி ஒழுங்காகச் சூரியனைச் சுற்றி வருவதாகவே தோன்றும். ஆகவே, தற்காலத்தில் விஞ்ஞானிகள் தொலைவிலுள்ள விண்மீனைக் கொண்டே நுட்பமாக நாளைக் கணக்கிடுகிருர்கள். ஒரு தொலை நோக்கியைச் செங்குத்தாக நிறுத்திவைத்து, தொலைவிலுள்ள ஒரு விண்மீன் அதில் காணப்படுவதற்கும், அடுத்தநாள் அதே விண்மீன் அதில் காணப்படுவதற்கும் உள்ள நேரத்தை ஒரு நாள் எனக் கணிக்கிருர்கள்.

பாபிலோனியரும், எகிப்தியரும் நேரத்தைக் கணிக்கும் பலவகைச் சாதனங்களை அமைத்தார்கள். அவர்கள் முதன் முதலாக உபயோகித்தது நீர்க் கடிகாரமாகும் (water clock). அதன் அமைப்பு பின் வருமாறு: ஒரு பெரிய பாத்திரத்தில் நிறையத் தண்ணீர் ஊற்றப்பட்டிருக்கும். அதன் அடியிலுள்ள சிறிய துவாரத்தின் வழியாகத் தண்ணீர் சிறிதுசிறிதாக வெளிவந்து கொண்டேயிருக்கும். நேரம் ஆக ஆக நீர்மட்டம் குறைந்து கொண்டே போகுமல்லவா? நீர்மட்டத்தின் அளவு பாத்திரத்தின் உட்புறத்தில் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதிலிருந்து நேரத்தைத் தெரிந்து கொண்டார்கள். ஆல்ஃபிரட் அரசர் வேருெரு நூதனக் கடிகாரத்தை உபயோகித்து வந்தார். அது மெதுவாக எரியக்கூடிய ஒரு சிறந்த வகை மெழுகுவத்தி. அதன் மேலே மணியளவுகள் கோடுகளாகக் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். வத்தி எரிந்து கொண்டு போவதிலிருந்து அவ்வப்போது மணி தெரிந்து கொள்ளலாம். மேலே கூறிய கடிகாரங்களல்லாமல், மணல் கடிகாரங்களும் அக்காலத்தில் உபயோகத்தில் இருந்து வந்தன.

பின்னர் 13-ஆம் நூற்ருண்டில் பளுவான எடையால் இயங்கக்கூடிய கடிகாரம் உபயோகத்திற்கு வந்தது. பற்

சக்கரங்களை அமைத்து, தற்காலக் கடிகாரங்களைப் போலவே மணிகாட்டும் முட்கள், மணி குறித்துள்ள முகம் முதலியவை கொண்ட அமைப்பு உபயோகத்திற்கு வந்தது. ஒரு அச்சின் மேல் சுற்றப்பட்டுள்ள கயிற்றின் நுனியில் தொங்கும் ஒரு பளுவே அவைகளை இயக்குகின்றது.

கடிகாரத்தைக் கட்டுப்படுத்தி, நேரத்தைச் சரியாகக் காட்டும் சாதனம் ஊசலி (pendulum) எனப்படுவது. இச்சாதனத்தைக் கண்டுபிடித்தவர் கலிலியோ (Galileo) என்ற இத்தாலிய விஞ்ஞானியாவர். அவர் ஒருநாள் பைசா நகரத்தில் உள்ள ஒரு தேவாலயத்தில் செபித்துக் கொண்டிருக்கும் போது, பீடத்தின் முன்பாகத்தில் தொங்கிக் கொண்டிருந்த விளக்கு அவர் கவனத்தைக் கவர்ந்தது. அந்த விளக்கு ஊசலாடுவதையும், அது சிறிது ஆடினாலும், அதிகமாக ஆடினாலும் அதற்காகும் நேரம் ஒரே அளவாக இருப்பதையும் கண்டு வியந்தார். அவர் ஊசலியின் ஆராய்ச்சிகளை நடத்தி, அதன் தத்துவங்களைக் கண்டறிந்தார். அதன்பின், கடிகாரங்களில் ஊசலிகளை அமைக்க கலிலியோவின் மகன் முயன்றார். 1657-ல் தான், முதன்முதலாக ஊசலி கொண்ட கடிகாரங்கள் அமைக்கப்பட்டன.

ஒரு கடிகாரத்தைப் பிரித்துப் பார்த்தால் அதில் அநேக பற்சக்கரங்களும், பற்சக்கர இணைப்புகளும், சுருள்வில் போன்ற பகுதிகளுமே காணப்படும். கடிகாரத்தை ஒரு இயக்கு சுருள் (main spring) இயக்குகிறது. இது வலுவுள்ளதாக அமைந்திருக்கும. இதை ஒரு சாவியினால் சுற்றி முறுக்கேற்றினால், அது விரிவடையும்போது அதன் ஆற்றல் சக்கர இணைப்புகளை இயக்குகின்றது. இயக்கு சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு பற்சக்கரத்தொடர் மணி முள்ளை இயக்குமாறும், வேறொரு பற்சக்கரத் தொடர் நிமிடமுள்ளை இயக்குமாறும், மூன்றாவது தொடர் விநாடிமுள்ளைச் சுற்றுமாறும் அமைக்கப்படுள்ளன. கடிகாரத்தில் உள்ள இன்னொரு முக்கியப் பகுதி நேரத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் சாதனமும் (control device), கடைசிப் பற்சக்கரத்தை இயக்கும் கவ்வியும் (escapement) கொண்டதாகும். கட்டுப்படுத்தும் சாதனமாக

ஊசலி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஓர் ஊசலியின் அலைவு நேரம் (period of oscillation) மாருத் தன்மையுடையது. சுவர்க் கடிகாரங்களில் வினடி ஊசலியை (seconds pendulum) அமைத்திருப்பதைக் காணலாம். இதன் அலைவுநேரம் 2 விநாடிகளாகவும், அசைவுநேரம் (period of vibration) ஒரு வினடியாகவும் இருக்கும். ஊசலி ஒரு புறமிருந்து மறுபுறம் போனதும், பற்சக்கரக் கவ்வி ஓரளவு விடுவிக்கப்படுகின்றது. இதனல் கடைசிச் சக்கரம் ஒரு பல்லளவாகச் சுற்றும்; உடனே கவ்வி திரும்பவும் பல்லைப் பற்றிக்கொள்ளும். ஊசலி அடுத்த அசைவை முடித்ததும் கவ்வி திரும்பவும் விடுவிக்கப்பட, பற்சக்கரம் மற்றும் ஒரு பல்லளவாகச் சுற்றும். இவ்வாருக ஊசலியின் அசைவிற்கேற்ப ஒரே மாதிரியாகப் பற்சக்கரம் சுழல்வதால் ஊசலியின் ஒவ்வொரு அசைவிற்கும், வினடிமுள் ஒரு வினடியளவாக நகர்ந்து செல்லும். நம் வீட்டுக் கடிகாரங்களில் உள்ள ஊசலியின் அசைவு நேரம் அரை விநாடியாக இருந்தால், விநாடிமுள் அரைவிநாடிக்கு ஒரு தடவை நகர்ந்து செல்வது கூர்ந்து கவனித்தால் தெரியும்.

மின்சாரக் கடிகாரங்களில் பலவகையுண்டு. ஒருவகை மின் சாரக் கடிகாரத்தில் மின்கல அடுக்கிலிருந்து (battery) பாயும் மின்னேட்டம்(current) கடிகாரத்தை இயக்குகின்றது. இதிலும் ஓர் ஊசலியே நேரத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் சாதனமாக அமைந்துள்ளது. பெரிய ரயில்வே நிலையங்களிலும், அலுவகங்களின் பல்வேறு அறைகளிலும் உள்ள கடிகாரங்களைப் பிரித்துப் பார்த்தால்அவற்றுக்குள் பற்சக்கரங்கள் ஒன்றுமே இரா. அதில் ஒரு மின்காந்தம் (electro-magnet) மட்டுமே இருப்பதைக் காணலாம். இக்கடிகாரங்கள் யாவும் ஒரு தலைமைக் கடிகாரத்தினல் (master clock) இயக்கப் படுவனவாகும். தலைமைக் கடிகாரத்தில் உள்ள ஊசலி ஓர் அசைவை முடிக்குந் தருவாயில் சிறிது நேரம் மின்சார இணைப்பை உண்டுபண்ணுகிறது. இதனல் தலைமைக் கடிகாரத்துடன் இணைக்கப் பட்டுள்ள எல்லா அடிமைக் கடிகாரங்களிலும் (slave clocks) மின்னேட்டம் பாய்கின்றது. அடிமைக் கடிகாரத்திலுள்ள மின் காந்தத்தின் கம்பிச்சுருள் வழியாக மின்னேட்டம் பாய்வதால், விநாடிமுள் ஓரளவு கவர்ச்சிக்கப் படுகின்றது. இதனல்

விநாடிமுள் ஒரு விநாடியளவு தாண்டிச் செல்லுகின்றது. ஊசலி அடுத்த அசைவை முடித்தவுடன் திரும்பவும் மின்சார இணைப்பு ஏற்படுவதால், எல்லா அடிமைக் கடிகாரங்களிலும் விநாடிமுள் மற்றுமொரு விநாடியளவாகத் தாண்டிச் செல்லும். இவ்வாறாக அடிமைக் கடிகாரங்கள் யாவும் தலைமைக் கடிகாரத்தாலேயே இயக்கப்படுகின்றன. தலைமைக் கடிகாரம் பழுதுபட்டு ஓடாது நின்று விட்டால் அடிமைக் கடிகாரங்களும் நின்றுவிடும். இதுபோன்ற காட்சியை நீங்கள் ரயில்வே நிலையங்களில் சிற்சில சமயங்களில் பார்த்திருக்கலாம்.

வேறொருவகை மின்சாரக் கடிகாரங்களில் ஊசலி அமைக்கப் பட்டிருக்காது. இவ்வகைக் கடிகாரங்கள் மாறு மின்சாரத்தால் (alternating current) இயக்கப் படுகின்றன. இதிலுள்ள ஒரு மின் மோட்டார் (electric motor) ஒரே வேகத்தில் இயங்குவதற்கேற்ற அமைப்பைக் கொண்டது. இந்த மின் மோட்டாருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள பற்சக்கரத் தொடர்கள், மணி முள்ளையும், நிமிடமுள்ளையும், விநாடிமுள்ளையும் இயக்குகின்றன. மின்னோட்டத்தில் தடை ஏற்பட்டால் இவ்வகைக் கடிகாரங்கள் ஓடாது நின்றுவிடும்.

ஒவ்வொரு நாளும் வானொலியில் சரியான நேரத்தை நமக்கு அறிவிக்கிறார்கள். இந்தச் சரியான நேரத்தை கிரீனிச் சராசரி நேரம் (Greenwich meridian time-G.M.T.) என்று சொல்வது உண்டு. கிரீனிச் நகரில் நுட்பமான ஐந்து கடிகாரங்களும், தேசீய பௌதிக ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் (National Physical Laboratory) ஒன்றும், எடின்பரோவில் (Edinburgh) ஒன்றுமாக ஏழுகடிகாரங்கள் காட்டும் சரியான நேரங்களின் சராசரியைக் கணித்து வானொலி மூலமாக கிரீனிச் ஆராய்ச்சி நிலையத்திலிருந்து அறிவிக்கிறார்கள். இந்தச் சரியான நேரத்தைக் கொண்டே நம் நாட்டிற்கான சரியான நேரம் வானொலி மூலம் நமக்கு அறிவிக்கப்படுகிறது. இதையே இந்திய திட்டம் நேரம் (Indian standard time-I. S. T.) என்கிறோம்.

4. நுண்ணோக்கி

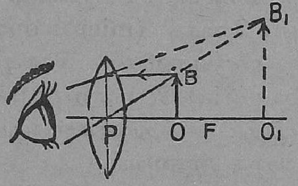
கண்ணுக்குப் புலப்படாத நுண்ணிய பொருட்களைப் பெரிதாக்கிக் காட்டும் கருவியே நுண்ணோக்கி (microscope) யாகும். இதைக் கொண்டுதான் விஞ்ஞானிகள் கொடிய வியாதிகளைப் பரப்பும் பாக்டீரியா (bacteria) போன்ற நுண் கிருமிகளைக் கண்டு பிடித்தார்கள். இது மருத்துவர்களுக்கும், விஞ்ஞானிகளுக்கும் ஒரு இன்றியமையாத சாதனமாகும்.

நுண்ணோக்கியில் பொருளின் உருவைப் பெருக்கிக் காட்டுவது கண்ணாடிவில்லையே(lens). குவிந்த பரப்புள்ள கண்ணாடித் துண்டு ஒரு பொருளைப் பெரிதாகக் காட்டும் தன்மை உடையது என்பதை வெகு நாட்களாகவே அறிந்திருந்தார்கள். 2600 ஆண்டுகளுக்கு முன் நினுவே என்ற இடத்தில் ஒரு படிகம் (crystal) வெட்டி எடுக்கப்பட்டது. அது முட்டை வடிவமாகவும், ஒரு புறம் குவிந்தும் இருந்தது. இப்படிகம் பொருட்களைப் பெரிதாகக் காட்டும் தன்மை கொண்டதாயிருந்தது. அதை இன்னும் பிரிட்டிஷ் பொருட்காட்சி சாலையில் காணலாம். 13-ம் நூற்றுண்டில் ரோஜர் பேக்கன் (Roger Bacon) என்பவர் "ஒரு மிகச்சிறிய பொருளைக் குவிந்த கண்ணாடி அல்லது படிகத்தின் மூலம் நோக்கினல் அப்பொருள் பெரிதாகவும், தெளிவாகவும் தெரிகிறது," எனக்கூறினர்.

பொருட்களைப் பெரிதாகவும், விளக்க மாகவும் காட்டுவதே நுண்ணோக்கியின் தன்மையாகும். நுண்ணோக்கிகள் இரு வகைப்படும். அவை, தனி நுண்ணோக்கி, கூட்டு நுண்ணோக்கி எனப்படும். தனி நுண்ணோக்கியில் ஒரு கண்ணாடி வில்லையும் (lens), கூட்டு நுண்ணோக்கியில் இரு கண்ணாடி வில்லைகளும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தனி நுண்ணோக்கி:—இது ஒரு குறைந்த குவியத்தூரமுடைய குவி வில்லை கொண்டது. குவி வில்லையின் மூலம் அருகிலுள்ள ஒரு பொருளை நோக்கினல் அது பெரிதாகக் காணப்படும். இதைக் கீழ்க்கண்ட படத்தின் மூலம் விளக்கலாம்.

OB என்ற பொருளானது கண்ணாடிக் குவி வில்லையின் முன், குவியத்தூரத்திற்குக் குறைந்த தூரத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. O_1B_1 என்பது OB-யின் படிமம் (image) ஆகும். இதைத்தான் நாம் வில்லையின் மூலம் பார்க்கிறோம். வில்லையிலிருந்து படிமம் உண்டாகும் தூரம், வில்லை யிலிருந்து பொருளின் தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. படிமத்தை விளக்கமாக, சிரமமின்றி நோக்க வேண்டுமாயின், படிமம் கண்ணிலிருந்து 25 செ. மீ. தூரத்தில் இருக்க வேண்டும். இது போல எந்த ஒரு பொருளையும் நாம் தெளிவாகக் காண்பதற்கு அப்பொருள் குறைந்தது 25 செ. மீ. தூரத்தில் இருக்க வேண்டும். இத்தூரத்திற்குத் தெளிவுப் பார்வையின் குறைந்த தூரம் (least distance of distinct vision) எனப் பெயர்.



படம் 9. தனி நுண்ணோக்கி

ஆகவே வில்லையினால் ஏற்படும் படிமம் வில்லையிலிருந்து 25 செ. மீ. தூரத்தில் அமையுமாறு, வில்லைக்கும் பொருளுக்கும் உள்ள தூரத்தைச் சிறிது சிறிதாக மாற்ற வேண்டும். அப்போது படிமம் நேராகவும் தெளிவாகவும், பெரிதாகவும் காணப்படும். இந்தப் படிமத்தைக் கண்ணால் காணலாமே யொழிய ஒரு திரையின்மீது விழச்செய்ய இயலாது. இது மாயப் படிமம் (virtual image) ஆகும்.

ஒரு குவி வில்லையில் உண்டாகும் உருப் பெருக்கம் (magnification) அவ்வில்லையின் குவியத் தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. குவி வில்லையால் மாயப் படிமம் உண்டாகும் போது அதன் சூத்திரம் பின்வருமாறு:

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

இங்கு u என்பது வில்லையின் மையத்திலிருந்து பொருளின் தூரம்; v என்பது வில்லையின் மையத்திலிருந்து படிமத்தின் தூரம்; f என்பது குவியத் தூரம்.

$$\text{உருப் பெருக்கம் } m = \frac{\text{படிமத்தின் தூரம்}}{\text{பொருளின் தூரம்}} = \frac{v}{u}$$

மேலே கூறிய சூத்திரத்தில் v என்பது தெளிவுப் பார்வையின் குறைந்த தூரம். அதாவது 25 செ. மீ. ஆகவே,

$$\frac{v}{u} - 1 = \frac{v}{f}$$

$$m-1 = \frac{25}{f}$$

$$\therefore m = 1 + \frac{25}{f}$$

இங்கு m என்பது படிமப் பெருக்கம் ஆகும். ஒரு குவி வில்லையின் குவியத்தூரம் 5 செ. மீ. என்றால், அதனால் ஏற்படும் உருப் பெருக்கம் = 6. குவியத்தூரம் குறைந்தால் உருப் பெருக்கம் அதிகமாகும் என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது.

இக்கருவி மிகவும் சிறிதாகவுள்ள எழுத்துக்களைப் படிக்கவும், மற்றக்கருவிகளிலுள்ள நுண்ணிய அளவுகளை வாசிக்கவும் பயன்படுகிறது.

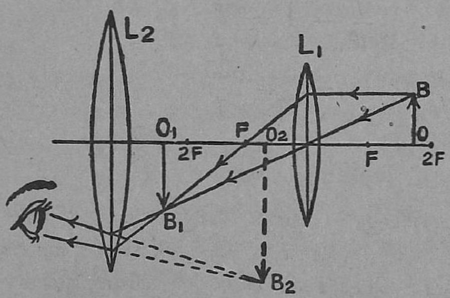
கூட்டு நுண்ணோக்கி (Compound microscope): உருப் பெருக்கத்தை அதிகரிப்பதற்குக் கூட்டு நுண்ணோக்கியை அமைத்துள்ளார்கள். தனி நுண்ணோக்கியிலுள்ள குவி வில்லையின் குவியத்தூரம் மிகக்குறைவாக இருந்தால் 1 செ. மீ. இருக்கலாம். இதில் ஏற்படும் உருப் பெருக்கம் 26 ஆகும். இதைவிட அதிக உருப் பெருக்கம் அடைய, கூட்டு நுண்ணோக்கியை உபயோகிக்க வேண்டும்.

கூட்டு நுண்ணோக்கியில் இரண்டு குவி வில்லைகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அதில் ஒன்று குறைந்த குவியத் தூரமும், மற்றொன்று அதிகக் குவியத் தூரமும் உடையன. இதில் குறைந்த குவியத்தூரமுடைய வில்லை பொருள் வில்லையாகவும் (objective), மற்றது கண் வில்லையாகவும் (eye lens) பயன் படுகின்றன. ஒன்றனுள் ஒன்று நழுவிச் செல்லுமாறு

*

அமைக்கப்பெற்ற இருபித்தளைக் குழாய்களின் வெளி நுனி களில், நுனிக்கொரு வில்லையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

குழாய்களுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு திருகின் உதவியால் அவ்விரு வில்லைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றலாம்.



படம் 10. கூட்டு நுண்ணோக்கி

பொருளிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக் கற்றை பொருள் வில்லை மூலம் சென்று எதிர்ப் புறத்தில் மெய்ப்படிமத்தை உண்டாக்கு கிறது [படம் : 10]. கண்வில்லை மூலம் இம்மெய்ப் படிமத்தைப் பார்த்தால் அதே பக்கத்தில் ஒரு பெரிய மாயப் படிமம் தோன்றும்.

OB என்ற பொருளானது L_1 என்ற குவிவில்லைக்கு முன் குவியத்தூரத்திற்கு அப்பால் உள்ளது. அதனுல் O_1B_1 என்ற பெரிய, கவிழ்ந்த மெய்ப் படிமம் உண்டாகிறது. இப் படிமம் கண் வில்லையின் (L_2) குவியத் தூரத்திற்குள் இருக்கு மாறு திருகை மாற்றினுல் ஒருநேரான பெரிய மாயப் படிமம் ஏற்படும். ஆகவே கண்வில்லையின் மூலம் பார்த்தால் கவிழ்ந்த, பெரிய மாயப் படிமம் தெரியும்.

இக்கருவியின் மூலம் காணப்படும் படிமம் தெளிவாக இருக்கவேண்டுமானுல் இது கண்ணிலிருந்து 25 செ. மீ. தூரத்தில் ஏற்படவேண்டும். இதற்குத் தகுந்தவாறு பொருளி லிருந்து நுண்ணோக்கியின் தூரத்தைச் சிறிது சிறிதாக மாற்றியமைக்க வேண்டும்.

மேலே கூறிய கூட்டு நுண்ணோக்கியில் நாம் ஒரு கண்ணால்தான் பார்க்க முடியும். ஆனால் இரு கண் நுண்ணோக்கியில் (binocular microscope) கண்ணுக்கொன்றாக இரண்டு நுண்ணோக்கிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதன் மூலம் பார்க்கும்போது பொருளின் முப்பரிமாண (three dimensional)த் தோற்றத்தைக் காணலாம். இதுவே அவ்விரண்டிற்கும் உள்ள வித்தியாசமாகும்.

பகு ஆற்றல் (Resolving power) :—நுண்ணோக்கியின் மூலம் அதிக உருப் பெருக்கத்தை உண்டாக்குவதே நம் நோக்கமாகும். கூட்டு நுண்ணோக்கியின் மூலம் ஓரளவு பெருக்கமே அடையமுடியும். ஏனெனில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வரைதான் குவியத் தூரத்தைக் குறைத்துக் கண்ணாடி வில்லைகள் அமைக்கமுடியும். அதைவிடக் குறைந்த குவியத் தூரம் உள்ள வில்லைகள் நம்மால் செய்யமுடியாது. அப்படியே அதிக அளவு பெருக்கம் அடைய முடியுமாயினும் படிமத்தின் தெளிவு குன்றிவிடும். இது ஏனெனில் அக்கருவிக்குப் போதிய "பகு ஆற்றல்" இன்மையே காரணமாகும். இரு புள்ளிகளைத் தெளிவாகக் காணவேண்டுமாயின் அப்புள்ளிகளிடையே ஒரு குறைந்த அளவு இடைவெளி இருத்தல் வேண்டும். அந்த இடைவெளி அந்த அளவுக்கு குறைவாயிருப்பின் இவ்விரு புள்ளிகளும் பகுபடவில்லை எனக் கூறலாம்; அதாவது நாம் அப்புள்ளிகளைத் தெளிவாகக் காணமுடியாது. வெகு நெருக்கமாகவும், சிறிதளவே பிரிந்துமுள்ள இரு புள்ளிகளைத் தெளிவாகக் காண்பிக்கவல்ல நுண்ணோக்கியை அதிக அளவு "பகு ஆற்றல்" உள்ளதெனக் கூறலாம். பகு ஆற்றல், பொருள் இருக்கும் ஊடகத்தின் (medium) விலகு எண்ணை (refractive index)ப் பொறுத்ததாகும். நுண்ணியபொருளின் மேல் செடார் (cedar) எண்ணெயைச் சிறிதளவு ஊற்றி நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்த்தால் படிமம் பெரிதாகக் காணப்படும். ஏனென்றால் செடர் எண்ணெயின் விலகு எண் மிக அதிகம். இவ்வாறாக நுண்ணோக்கியின் பகு ஆற்றலை அதிகரிக்கலாம்.

மேலும் பகு ஆற்றலானது பொருள்வில்லையின் குறுக்களவுடன் நேர்விகிதத்திலும், பொருளை ஒளிரச் செய்யும் ஒளியின்

அலை நீளத்துடன் எதிர்விகிதத்திலும் பொருத்தம் உடையது. இதனுல் அலை நீளம் குறைவாகவுள்ள ஒளியைக்கொண்டு பொருளை ஒளிரச்செய்தால் நுண்ணேக்கியின் பகு ஆற்றல் உயரும்.

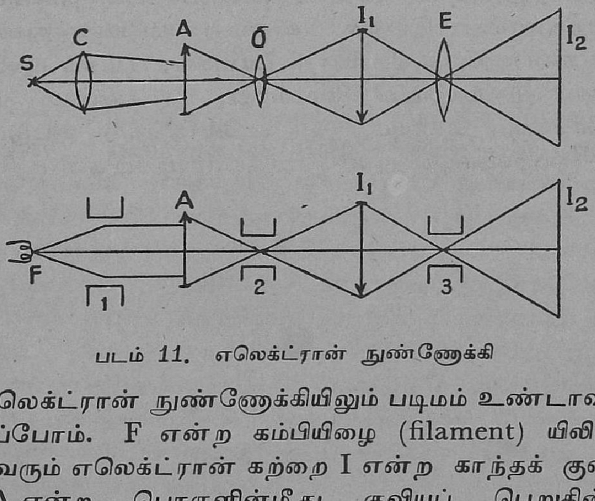
புற ஊதாக் கதிர்கள் (ultra-violet-rays) கண்ணுக்குப் புலப்படுகின்ற பல வர்ண ஒளிக் கதிர்களில் குறைந்த அலை நீளத்தை உடையவை. இதைக்கொண்டு பொருளை ஒளிரச் செய்தால் நுண்ணேக்கியின் பகு ஆற்றல் உயரும். ஆனுல் புற ஊதாக்கதிர்களைக் கண்ணுடி உட்கொண்டு விடுகிறது. ஆதலால் புற ஊதா நுண்ணேக்கியில் கண்ணுடி வில்லை களை உபயோகப்படுத்த முடியாது. கண்ணுடிக்குப் பதிலாக குவார்ட்ஸ் அல்லது ஃபுளுரைட் (fluorite) வில்லைகளை உபயோ கப்படுத்துகிருர்கள். இதில் உண்டாகும் படிமத்தை நாம் கண் களால் பார்க்க முடியாது. இதனுல் படிமத்தை ஒளிப்படம் (photo) எடுக்கிருர்கள்.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணேக்கி (Electron microscope) :— கூட்டு நுண்ணேக்கியை விட புற ஊதா நுண்ணேக்கியின் பகு ஆற்றல் அதிகம். இதனுல் இதில் நுண்ணிய பொருட் களையும் காணலாம். பொருட்கள் வெகு நுண்ணியவை களாக இருப்பின் இதன் மூலமும் பார்க்க முடியாது. இதற் காக எலெக்ட்ரான் நுண்ணேக்கியை உபயோகிக்கிருர்கள். லூயி-டி-பிராக்லி (Louis de broglie) என்பவர் எலெக்ட்ரான் கற்றை சாதாரண ஒளிக் கற்றையின் குணங்களை உடையது எனவும், அது அலைத்தன்மை வாய்ந்தது எனவும் காட்டினுர். மேலும், எலெக்ட்ரான் கற்றையின் அலை நீளம் சுமார் 10^{-10} செ. மீ. எனவும் கணக்கிட்டுக் கூறினுர். எலெக்ட்ரான் நுண் ணேக்கியில் எலெக்ட்ரான் கற்றை பொருளை ஒளிரச்செய்கிறது.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணேக்கியில் சூடேற்றப்பட்ட டங்ஸ் டன் இழையிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவருகின்றன. கண்ணுடி வில்லைகள் எலெக்ட்ரானை உட்கொண்டு விடும் தன்மையுடையன. ஆதலால் இதில் கண்ணுடி வில்லை களுக்குப் பதிலாகக் காந்தக் குவிப்பான்களை (magnetic condensers)க் கொண்டு எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் குவியச் செய்

கிறார்கள். நுண்ணோக்கி முழுவதும் வெற்றிடமாக ஆக்கப் பட்டுள்ளது.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் அமைப்பைச் சாதாரண நுண்ணோக்கியின் அமைப்பைக் கொண்டு எளிதில் தெரிந்து கொள்ளலாம். சாதாரண நுண்ணோக்கியில் ஒளிக்கற்றை குவி வில்லை மூலம் சென்று பொருளின் மேல் குவியப் பெறு கிறது. பொருளிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை O என்ற பொருள் வில்லை மூலம் சென்று பெரிய ஒரு படிமத்தை உண் டாக்குகிறது. மேலும் ஒளிக்கற்றை E என்ற கண்வில்லை மூலம் சென்று அடுத்தாற் போலுள்ள திரையின் மேல் பெரிய படி மத்தை உண்டு பண்ணுவதாகக் கொள்ளலாம். இதே முறை



படம் 11. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

யில் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியிலும் படிமம் உண்டாவதைக் கவனிப்போம். F என்ற கம்பியிழை (filament) யிலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான் கற்றை I என்ற காந்தக் குவிப்பா னுல் A என்ற பொருளின்மீது குவியப் பெறுகின்றது. பின்பு 2, 3 என்ற காந்தக் குவிப்பான்கள் முறையே சாதாரன நுண்ணோக்கியிலுள்ள பொருள்வில்லை, கண்வில்லை போன்று எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் குவியச்செய்து படிமத்தை உண் டாக்குகின்றன. படிமமானது I_2 என்ற ஒளிர் திரையின் (fluorescent screen) மேல் விழுகிறது. இதை வேண்டியவாறு படம் பிடித்து ஆராய்கிறார்கள். இந்த எலெக்ட்ரான் நுண் ணோக்கியில் பொருள் 50,000 மடங்கு பெரிதாக்கிக் காட்டப்

படுகிறது. இதைவிட அதிக அளவு பெருக்கம் ஏற்படுத்த விஞ்ஞானிகள் முயல்கிருர்கள்.

உபயோகங்கள் :—ப்லவித நுண்ணேக்கிகள் நம் அன்ருட வாழ்க்கையில் பல் வேறு வகைகளில் உபயோகப்படு கின்றன. மருத்துவத் துறையிலும் தொழிற்றுறையிலும் அவை பெரிதும் பயன்படுகின்றன. பாக்டீரியா போன்ற நுண் கிருமிகளை ஆராய்ந்து அவைகளால் உண்டாகும் வியாதி களுக்கு வேண்டிய தடுப்பு மருந்துகள், கான்சர் போன்ற வியாதிகளைக் குணப்படுத்தும் மருந்துக்ள் போன்றவை கண்டு பிடிக்க நுண்ணேக்கிகள் பேருதவி செய்கின்றன. உலோகங்களின் மேற்பரப்பை எலக்ட்ரான் நுண்ணேக்கியால் ஆராய்ந்து அவ்வுலோகங்களின் மேற் பரப்பின் தன்மைகளைக் கண்டறியலாம். இதைக் கொண்டு உலோகத்துண்டுகளி லுள்ள கண்ணுக்குத் தெரியாத பிளவுகள், குழிகள், அலோகக் கலப்புகள் இவைகளை நேரிடையாகப் பார்க்கலாம். வார்ப்பு களிலுள்ள குறைகளையும், இரு உலோகங்களை ஒட்டுமிடத்தி லுள்ள குறைகளையும் நுண்ணேக்கியின் மூலம் கண்டறியலாம்.

5. தொலை நோக்கி

வானவெளியிலுள்ள சூரியன், சந்திரன், விண்மீன்கள் இவைகளைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள வேண்டுமானால் அவைகளைப் பற்றிய அதிசயங்களை ஊன்றிக் கவனிக்க வேண்டும். இவை நம் பூமியிலிருந்து கோடிக் கணக்கான மைல்களுக்கு அப்பால் இருக்கின்றன. பெரும் பாலான விண்மீன்கள் பூமியை விடப் பன்மடங்கு பெரிதாக இருந்த போதிலும் பார்ப்பதற்குச் சிறு சிறு புள்ளிகளாகவே தென்படுகின்றன. சில விண்மீன்கள் மிகத்தொலைவில் இருப்பதால் அவை நம் கண்களுக்குத் தென்படுவதில்லை. அவைகளைப் பார்க்க வேண்டுமானால் சில கருவிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

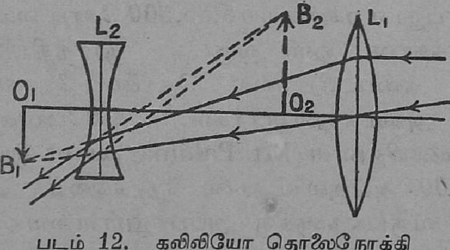
வான இயலில் இத்தூரங்கள் ஒளி வருடங்களால்அளக்கப் படுகின்றன. ஒளி வருடம் (light year) என்பது ஒரு வருடத்தில் ஒளி செல்லும் தூரமாகும். ஒளியானது ஒரு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் செல்லுகின்றது. ஆதலால் ஒளி வருடம் என்பது ஏறக்குறைய 5,86,600 கோடி மைல்கள் ஆகும். ஆயிரக்கணக்கான ஒளி வருடத் தூரத்திலுள்ள விண் மீன்களையும் கண்டறியவல்ல தொலை நோக்கிகளை விஞ்ஞானிகள் அமைத்துள்ளார்கள். கலிபோர்னியாவிலுள்ள பலோமார் மலையிலுள்ள (Mt. Palomar) வான இயல் ஆராய்ச்சி சாலையில் 200 அங்குல தொலை நோக்கியைக் கொண்டு 28 கோடி ஒளி வருடங்களுக்கு அப்பாலுள்ளவைகளையும் தெளிவாகப் பார்க்க முடியுமாம்.

முதன் முதலில் தொலை நோக்கியைக் கண்டுபிடித்த பெருமை கலிலியோவைச் சாரும். கலிலியோ 1609-ம் வருடம் ஒரு தொலை நோக்கியை அமைத்துக் காட்டினார். ஆதலால் அதற்கு கலிலியோ தொலை நோக்கி எனப்பெயரிடப்பட்டது. அவர் அதன் மூலம் வியாழனின் (Jupiter) திங்கள்களையும் (satellites), சூரியனின் மேற்பரப்பிலுள்ள கரும்புள்ளிகளையும் கண்டு பிடித்தார். டாலமியின் (Ptolemy) கொள்கைக்கு மாறாக

கொப்பர்னிக்கஸ் (Copernicus) கொள்கைப்படி, சூரிய மண்டலத்திற்குப் பூமி மையமாக இல்லை என்றும் சூரியனே மையமாக உள்ளதென்றும் அவர் கண்டறிந்தார்.

தொலை நோக்கியின் அமைப்பைச் சிறிது கவனிப்போம். சாதாரணமாகத் தொலை நோக்கியில் இருவில்லைகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகளில் அதிகக் குவியத் தூரம் உள்ள குவிவில்லை பொருள்வில்லையாக உபயோகப்படுகின்றது. மற்றது குறைந்த குவியத் தூரம் உடையது. அது கண் வில்லையாகப் பயன்படுகின்றது.

படம் 12-ல் காட்டியுள்ளது கலிலியோவின் தொலை நோக்கியாகும். அதில் குவிவில்லையான L_1 பொருள் வில்லையாகவும், குழிவில்லையான L_2 கண்வில்லையாகவும் அமைந்துள்ளன. ஒன்றனுள் ஒன்று நழுவிச் செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்ட இரு குழாய்களின் வெளி நுனிகளில் நுனிக்கொன்ருக இவ்விரு வில்லைகளும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒரு திருகின் உதவியால் அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றலாம்.



படம் 12. கலிலியோ தொலைநோக்கி

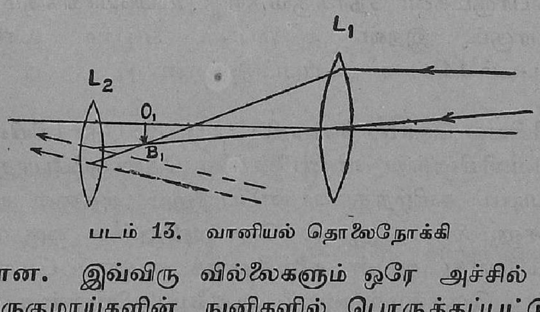
வெகு தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்கள் L_1 என்ற குவிவில்லையின் மூலம் சென்று குவியப் பெற்று O_1B_1 என்ற சிறிய, கவிழ்ந்த, மெய்ப்படிமத்தை உண்டாக்குகின்றது. ஆனால் படிமம் உண்டாவதற்கு முன்பே ஒளிக்கற்றை L_2 என்ற குழிவில்லையின் மேல் விழுவதால், குவியப்பெருமல் விரிந்து செல்கிறது. விரிந்து செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் O_2B_2 என்ற படிமத்திலிருந்து வருவதாகத்

தோன்றுகின்றன. இதனால் கண்வில்லையின் மூலம் பார்க்கும் போது நேரான பெரிய மாயப் படிமம் காணப்படுகின்றது.

படிமமானது அளவற்ற தொலைவிலிருக்க வேண்டுமாயின் பொருள் வில்லைக்கும், கண் வில்லைக்கும் இடையே (F—f) தூரமே இருக்க வேண்டும். இங்கே F என்பது பொருள் வில்லையின் குவியத் தூரம், f என்பது கண் வில்லையின் குவியத் தூரம் ஆகும். இத்தொலை நோக்கியினால் ஏற்படும் உருப் பெருக்கம் $m = \frac{F}{f}$ ஆகும்.

வானியல் தொலை நோக்கி : வானில் தோன்றும் கோள்களையோ விண்மீன்களையோ நோக்கும்போது அவற்றின் படிமம் சமீபத்தில் உண்டாகாதபடி அளவற்ற தொலைவில் (infinite distance) ஏற்படுமாறு தொலை நோக்கிகளை அமைத்துள்ளார்கள். இவ்விதத் தொலை நோக்கிகளுக்கு வானியல் தொலை நோக்கிகள் (astronomical telescopes) எனப் பெயர். கெப்லர் (Kepler) என்பவர் 1611-ம் வருடம் ஒரு வானியல் தொலை நோக்கியை அமைத்தார். அவரே கோள்களின் (planets) இயக்க விதிகளைக் கண்டு பிடித்தவராவர்.

அதில் இரு குவிவில்லைகள் உள்ளன. அவற்றில் அதிகக் குவியத்தூரம் உடையது பொருள் வில்லையாகவும், குறைந்த குவியத்தூரம் உடையது கண் வில்லையாகவும் அமைக்கப்

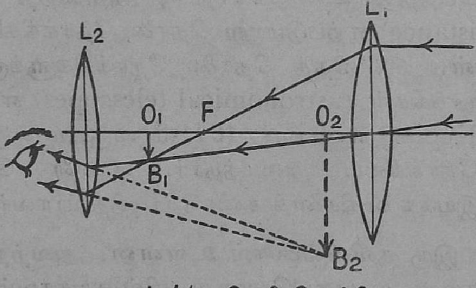


படம் 13. வானியல் தொலைநோக்கி

பட்டுள்ளன. இவ்விரு வில்லைகளும் ஒரே அச்சில் இருக்குமாறு இருகுழாய்களின் நுனிகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இவைகளுக் கிடையேயுள்ள தூரத்தை ஒரு திருகினால் மாற்றலாம்.

படிமம் ஏற்படும் விதத்தை படம் 13-ல் இருந்து அறியலாம். பொருள் வில்லையான L_1, வெகு தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக் கற்றையைக் குவியச் செய்து, O_1B_1 என்ற சிறிய கவிழ்ந்த மெய்ப்படிமத்தை உண்டாக்குகிறது. இப்படிமம் L_2 என்ற கண் வில்லையின் குவியத்தில் ஏற்படுவதால் O_2B_2 என்ற படிமத்தை அளவற்ற தூரத்தில் உண்டாக்குகின்றது. கண் வில்லையின் மூலம் பார்க்கும்போது O_2B_2 என்ற கவிழ்ந்த பெரிய, மாயப் படிமம் காணப்படும்.

O_1B_1 என்ற மெய்ப்படிமம் கண் வில்லையின் குவியத்திற்குக் குறைந்த தூரத்தில் ஏற்படுமானல் படிமம் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் ஏற்படும். இதுதான் சாதாரணமான தொலைவி



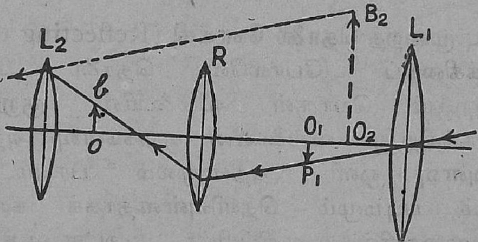
படம் 14. தொலைநோக்கி

லுள்ள பொருட்களை நோக்குவதற்கு உபயோகிக்கும் தொலைநோக்கியாகும். இதன் அமைப்பும், படிமம் உண்டாகும் விதமும் படம் 14-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

புவியியல் தொலை நோக்கி: தொலை நோக்கியின் மூலம் வான வெளியிலுள்ள விண்மீன்களை நோக்கும்போது அவைகளின் படிமம் கவிழ்ந்து காணப்படினும் அதனல் யாதொரு இடைஞ்சலுமில்லை. ஆனல் தொலைவிலுள்ள ஒரு மனிதனை நோக்கும்போது அவன் தலைகீழாகக் காணப்பட்டால் அது விபரீதமாக இருக்குமல்லவா? ஆகவே பூமியிலுள்ள பொருட்களின் படிமங்கள் நேராக ஏற்படுமாறு பொருள் வில்லை, கண் வில்லை ஆக இரண்டிற்குமிடையில் மற்ருெரு குவி வில்லை

வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் அமைப்பை படம் 15-ல் காண லாம்.

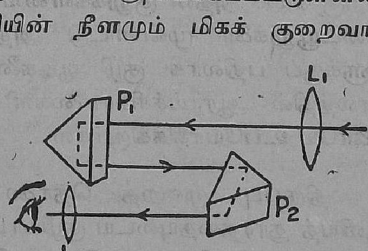
தொலைவிலுள்ள பொருளின் O_1P_1 என்ற கவிழ்ந்த படிமம் R என்ற குவி வில்லையினால் நேராக்கப்படுகிறது. Ob



படம் 15. புவியியல் தொலைநோக்கி

என்ற நேரான மெய்ப்படிமம் L_2 என்ற கண் வில்லையின் அருகில் ஏற்படுவதால் O_2B_2 என்ற பெரிய படிமம் ஏற்படு கிறது. கண் வில்லையின் மூலம் பார்க்கும்போது நேரான, பெரிய, மாயப்படிமம் காணப்படுகின்றது.

பைனுக்குலர் (Binocular): தொலை நோக்கியில் நாம் ஒரு கண்ணால்தான் பார்க்க முடியும். பைனுக்குலரில் கண்ணுக் கொன்றாக இரு தொலை நோக்கிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு தொலை நோக்கியின் நீளமும் மிகக் குறைவாக இருக்குமாறு அவை ஒவ் வொன்றிலும் இரண்டு முப்பட்டகங்கள் (prisms) அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன



படம் 16. பைனுக்குலர்

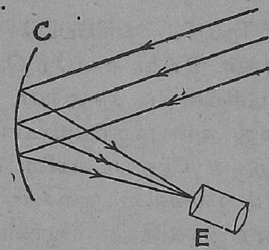
L_1 என்ற பொருள் வில்லையின் மூலம் செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் P_1, P_2 என்ற முழு உட்திருப்பு (total internal reflection) முப்பட்டகங்களினால் திருப்பப்பட் டுக் கடைசியாக L_2 என்ற கண்வில்லையின் மூலம் செல்லு கின்றன. இது சாதாரணத் தொலை நோக்கி போன்றதே. சாதா

ரணத் தொலை நோக்கியில் கவிழ்ந்த படிமம் ஏற்படுவதை நாம் அறிவோம். P_1 என்ற முப்பட்டகம் படிமத்தைத் தலைகீழாகத் திருப்புகிறது. P_2 என்ற மற்றொரு முப்பட்டகம் பக்கவாட்டில் திருப்புகிறது. இதனால் கண் வில்லையின் மூலம் பார்க்கும் போது நேரான, பெரிய, மாயப் படிமத்தை காண்கிறோம்.

திருப்பு முறைத் தொலை நோக்கி (Reflecting telescope): நுண்ணோக்கியைப் போலவே தொலை நோக்கியின் பகு ஆற்றலும் பொருள் வில்லையின் குறுக்களவைப் பொறுத்திருக்கிறது. வில்லையின் குறுக்களவு அதிகரித்தால் அதிக அளவு ஒளி அதன்மூலம் பாயும். அதனால் உண்டாகும் படிமமும் தெளிவுள்ளதாகக் காணப்படும். செயல் முறையில், குறிப்பிட்ட அளவுக்கு மேல் வில்லையின் குறுக்களவை அதிகரித்தால், தவிர்க்க முடியாத காரணங்களால் அதன் தரம் குறைந்து விடுகிறது. இக்காரணங்களைச் சிறிது ஆராய்வோம். சாதாரணமாகப் பெரிய வில்லைகளை அமைப்பதற்குத் தேவையான, குறையற்ற, தூய கண்ணாடி அதிக அளவில் கிடைப்பது மிகவும் அரிது. மேலும் குவிவில்லை அதன் ஓரங்களில்தான் தாங்கப்படுகிறது. அதனால் வில்லை பெரிதாக இருந்தால் அதன் பளுவினால் அதில் வளைவு ஏற்படும். ஆதலால் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கு மேல் அதன் குறுக்களவை அதிகரிக்க முடியாது. இவ்விடையூறுகளை முன்னிட்டு அதிகக் குறுக்களவுள்ள வில்லைகளுக்குப் பதிலாக குழி ஆடிகளையே அமைக்கிறார்கள். தற்காலத்தில் ஆராய்ச்சிச்சாலைகளில் குழியாடித் தொலைநோக்கிகளையே உபயோகிக்கிறார்கள்.

திருப்பு முறைத் தொலை நோக்கியில் அதிகமான குவியத் தூரத்தையுடைய குழியாடியே பொருள் வில்லையாகும். வெகு தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை குழியாடியில் பட்டுத் திருப்பமடைந்து குவியப்பெற்று ஒரு சிறிய கவிழ்ந்த மெய்ப்படிமத்தை உண்டாக்குகிறது. இப்படிமம் கண்வில்லையின் குவியத்தில் ஏற்படுவதால், கண்வில்லை பெரிய படிமத்தை உண்டாக்குகின்றது. நாம் கண்வில்லையின் மூலம் பார்க்கும் போது பெரிய கவிழ்ந்த மாயப்படிமத்தைக் காண்

கிறேம். இவ்வமைப்பிலே .ஹெர்சல் (Herschel), நியூட்டன் (Newton) போன்ற விஞ்ஞானிகள் சிறு சிறு மாற்றங்களைச் செய்து திருப்பு முறைத் தொலை நோக்கிகளை அமைத்துள்ளார்கள்.



படம் 17.
திருப்பு முறைத் தொலைநோக்கி

சாதாரணத் தொலை நோக்கிக்கும் திருப்பு முறைத் தொலை நோக்கிக்கும் உள்ள வித்தியாசம் இது ஒன்றுதான். சாதாரணத் தொலை நோக்கியில் குவிவில்லை பொருள் வில்லையாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனல் திருப்பு முறைத் தொலை நோக்கியில் குழியாடி பொருள் வில்லையாக அமைந்துள்ளது. இன்று எர்க்ஸ் (Yerkes) வான இயல் ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் 42 அங்குலத் தொலை நோக்கி அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதுவே குவி வில்லையைக் கொண்ட, உலகிலுள்ள மிகப்பெரிய விலகல் முறை (refracting)த் தொலைநோக்கி யாகும். இதை விடப் பெரிய தொலை நோக்கிகள் குழியாடிகளைக் கொண்டே அமைக்கப்பட்டுள்ளன. கலிபோர்னியாவிலுள்ள வில்ஸன் மலையின் (Mt. Wilson) மீது அமைக்கப்பட்டுள்ள திருப்பு முறைத் தொலைநோக்கி 100 அங்குலக் குறுக்களவுள்ளது. சமீப காலத்தில் கலிபோர்னியாவிலுள்ள பலோமார் மலையில் அமைக்கப்பட்டுள்ள தொலைநோக்கியின் குழியாடி 200 அங்குலக் குறுக்களவுள்ளது. உலகிலுள்ள தொலை நோக்கிகளில் மிகப்பெரியது இதுவே. இதைக்கொண்டு ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி அகிலத்தைப்பற்றிய (universe) பல்வேறு மர்மங்களைப் புரிந்து கொள்வதற்கான புள்ளி விவரங்கள் கிடைக்கும் என்று எதிர்பார்க்கிருர்கள்.

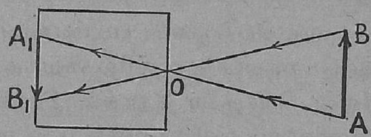
6. ஒளிப்படக் கலை

நம்மில் ஒளிப்படக் கலையை (photography) அறியாதவர்கள் இல்லை என்றே சொல்லலாம். ஒரு சிறந்த இயற்கைக் காட்சியின் படத்தையோ, நம் முன்னோர்களின் படத்தையோ, நமது அன்புக்குரியவர்களின் படத்தையோ, இன்னபிற நினைவிற்கு உகந்த படங்களையோ நம் வீடுகளில் வைத்துக்கொள்ள நாம் எவ்வளவு ஆசைப்படுகிறோம். இளைஞர் முதல் முதியோர் வரை இக்கலையில் ஆர்வம் இல்லாதார் இலர். இவ்வளவு சர்வ சாதாரணமான இக்கலையின் நுட்பங்களை நம்மில் எத்தனைபேர் நன்கு அறிவர்? வெகு சிலரே இதில் ஆர்வங்காட்டி இதை நன்றாக அறிந்துள்ளனர். இந்தக் கலையைப்பற்றி நாம் ஒரு சிறிது ஆய்வோம்.

படம் பிடிக்க வேண்டிய ஒரு காட்சியின் படிமம் ஒரு தகட்டின் மேல் விழும்படியாகச் செய்கிறார்கள். இந்த ஒளிப் படத்தகடு (photographic plate) கண்ணாடியினாலோ அல்லது செலுலாய்டினாலோ ஆக்கப்பட்டிருக்கும். இத்தகட்டின்மீது வெள்ளியின் கூட்டுப் பொருள்கள் பூசப்பட்டிருக்கின்றன. இதன் மீது ஒளிபடும் பாகம் கறுத்து இருண்டு விடுகிறது; ஒளிபடாத பாகம் வெண்மையாகவே இருக்கும். ஒளியினால் வெள்ளியின் கூட்டுப் பொருட்கள் பாதிக்கப்படுவதே இந்த ஒளிப்படக் கலையின் ஆதாரமாகும். இன்று உலகில் கிடைக்கும் வெள்ளியில் மூன்றில் ஒரு பாகம் இக்கலைக்கே பயன்படுகிறது என்றால் வெள்ளி இக்கலைக்கு எவ்வளவு அவசியமான பொருள் என்பதையும், இக்கலை எவ்வளவு விருத்தியடைந்துள்ளது என்பதையும் எண்ணிப் பார்க்க வேண்டும்.

ஒளிப்படக் கலையின் தத்துவத்தை 16-ம் நூற்றாண்டிலேயே லியோனார்டோ தா வின்சி (Leonardo da Vinci) என்பவர் அறிந்திருந்தார். அவர் ஓர் அறையை இருட்டாக்கிக் கதவில் ஓர் ஊசித் துளையை அமைத்தார். அத்துளைக்கு எதிராக உள்ள சுவரின் மேல் வெளிப்புறக் காட்சியின் படிமம்

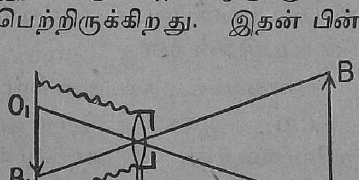
தலைகீழாக அமைவதைக் கண்டார். இதுவே ஊசித்துளைப் பெட்டியின் தத்துவமாகும். சிறுவர்கள் இதை ஒரு விளையாட்டுக் கருவியாக உபயோகிப்பதைப் பார்த்திருக்கலாம். ஓர் ஒளிபுகா (light tight)ப் பெட்டிக்கு எதிராக AB என்ற ஒரு பொருள் இருக்கிறது. பெட்டியின் முன்புறம் ஓர் ஊசித்துளை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கதிர்கள் ஊசித்துளை வழியாகச் சென்று பெட்டியின் எதிர்ப்புறம் A_1B_1 என்ற படிமத்தை உண்டாக்குகின்றன.



படம் 18. ஊசித்துளைப் பெட்டி

ஆகவே, ஊசித்துளைக்கு எதிர்ப்பக்கத்தில் கவிழ்ந்த படிமம் உண்டாகின்றது. பெட்டியின் பின்புறம் ஒரு தேய்த்த கண்ணாடி (ground glass) பொருத்தப்பட்டு இருப்பின் நாம் அக் கண்ணாடித் திரையின்மேல் கவிழ்ந்த படிமத்தைக் காணலாம்.

ஒளிப்படம் பிடிக்கும் கருவிக்கு ஒளிப்படக் கருவி (camera) என்று பெயர். இதன் அமைப்பைக் கவனிப்போம், இது ஒளி புகாதவாறு அமைக்கப்பட்ட ஒரு பெட்டியாகும். இதன் முன்புறம் ஒரு குவிவில்லை (convex lens) அமைக்கப் பெற்றிருக்கிறது. இதன் பின்புறம் ஒரு தேய்த்த கண்ணாடித் தகடு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவைஇரண்டிற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை மாற்றுவதற்கு ஏற்றவாறு அப்பெட்டி மடிப்புகள்கொண்ட தோலால் அமைக்கப்பட் டிருக்கின்றது. குவி வில்லையை முன்னும் பின்னும் நகர்த்துவதற்காக ஒரு திருகு பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றது. திருகைத் திருப்பிக் குவி வில்லையை முன்னும் பின்னுமாக வேண்டிய அளவு நகர்த்தலாம். குவி வில்லையின் முன்னுல் ஓர் இடைத் திரை (diaphragm) பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இத்திரையில் அமைக்கப்பட்டுள்ள துவாரத்தைச் சிறிதாகவோ பெரி



படம் 19. ஒளிப்படக் கருவி

தாகவோ மாற்றுவதற்கான வசதி இதில் உண்டு. படம் பிடிக்க வேண்டிய பொருள் ஒளிமிகுந்து இருப்பின் துவாரத் தைச் சிறிதாக்கியும், பொருள் மங்கலாக இருப்பின் துவாரத் தைப் பெரிதாக்கியும் வேண்டியவாறு மாற்றியமைத்துப் படிமம் தெளிவாக ஏற்படுமாறு செய்யலாம்.

ஒரு பொருளைப் படம் பிடிப்பதற்கு ஒளிப்படக் கருவியை அப்பொருளுக்கு எதிரில் வைக்க வேண்டும். இப்போது குவி வில்லை பொருளை நோக்கி இருக்கிறது. பொருளில் இருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை குவி வில்லையின் மூலம் ஊடுருவிச் சென்று, தேய்த்த கண்ணுடித் தகட்டில் O_1 B_1 என்ற கவிழ்ந்த படிமத்தை உண்டாக்குகிறது [படம் 19]. திருகை வேண்டிய வாறு திருப்பிக் குவிவில்லைக்கும் கண்ணுடித் திரைக்கும் உள்ள தூரத்தைச் சிறிது சிறிதாக மாற்றி, படிமம் தெளிவாக இருக்கும் படிச் செய்யவேண்டும். பின்பு இடைத்திரையை மூடிவிட்டு, தேய்த்த கண்ணுடித் தகட்டை நீக்கி, ஒளிப்படத் தகட்டைச் செருகிவைக்க வேண்டும். இடைத் திரையைத் திறந்து மூடினுல் பொருளின் படிமம் ஒளிப்படத் தகட்டின் மேல் பதிக்கப் படுகிறது. இந்தத் தகட்டை ஒளிபடாது மூடி, இருட்டறைக் குக் கொண்டு போய், ஒளிப்பதிவைத் தெளிவுறச் செய்து (develop), பின்பு படிமத்தை நிலைபெற (fix)ச் செய்ய வேண்டும். இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட ஒளிப்படத் தகட்டிலி ருந்து பல பிரதிகள் (copies) எடுக்கப்படுகின்றன.

ஒளிப் படத் தகடு: இது கண்ணுடித் தகட்டினுலோ, செலுலாயிடு படலத்தினுலோ (film) ஆக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தத் தகட்டை ஓர் இருட்டறையில் வைத்து, அதன் மேல் வெள்ளி புரோமைடு (silver bromide) போன்ற, ஒளியால் பாதிக்கப்படக்கூடிய ரசாயனக் கூட்டுப் பொருளை ஜிலேட் டின் (gelatine) என்ற பசைப்பொருளோடு கலந்து பூசுகிறுர் கள். இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட தகடு ஒளி புகாதவாறு ஒரு பெட்டிக்குள் மூடிவைக்கப்படும். இது போன்ற தகடுகள் சாதாரண ஒளிப் படக்கருவியில் உபயோகப்படுத்தப் படுகின் றன திரைப்படக் காட்சிக்கு (cinematography) வேண்டிய படங்கள் தயாரிக்க இதுபோன்ற தகடுகளை உபயோகிக்காமல், நீண்ட செலுலாயிடு நாடாக்களை உபயோகிக்கிறுர்கள்.

தெளிவுறுத்தல், நிலைபெறச் செய்தல், பிரதிகள் எடுத்தல் : படம் பிடித்த தகட்டை ஓர் இருட்டறைக்குள் கொண்டு போய் சிவப்பு ஒளியை ஏற்றி, தகட்டில் ஏற்பட்டுள்ள ஒளிப் பதிவைத் தெளிவுறுத்தி, நிலைபெறச் செய்யவேண்டும் என்று முன்பே பார்த்தோம். இவ்விரண்டும் எவ்வாறு நடைபெறுகின்றன என்று சிறிது ஆராய்வோம்.

படம் பிடிக்கும் போது ஒரு காட்சியின் படிமம் ஒளிப் படத் திரையின் மேல் பதிக்கப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். ஆனால் இந்த ஒளிப்பதிவு நம் கண்களுக்கு படிமம் போன்றே புலப்படாது. இதனால் இதை மறைந்த படிமம் (latent image) என்று சொல்லலாம். இந்தத் தகட்டை ஒரு தனிப்பட்ட ரசாயனக் கலவையில் தோய்த்து எடுக்கவேண்டும். இந்தக் கலவை ஹைட்ரோ கொயினேன் (hydraquinone), மீட்டால் (metol), ஸோடியம் சல்ஃபைட்டு (sodium sulphite), ஸோடியம் கார்பனேட்டு (sodium carbonate) என்ற பொருட்களைத் தண்ணீரில் கலந்து உண்டாக்கப் படுகிறது. இக் கலவையில் தகட்டைத் தோய்த்த பின், அதில் படிமமாகத் தென்படாது பதிக்கப் பட்டிருந்த ஒளிப்பதிவு தெளிவான படிமமாக மாறுகிறது. படம் பிடிக்கும்போது ஒளியால் பாதிக்கப்பட்ட தகட்டின் பாகம் இருண்டு கருத்து விடுகிறது. இதற்குக் காரணம் என்ன வென்றால், வெள்ளி புரோமைடுத் துகள்களின் மீது ஒளி படுவதால் அவை கருமையான வெள்ளித் துகள்களாக மாறிவிடுவதே. ஒளிபடாத பாகத்தில் இவ்வித மாறுதல் ஏற்படாததால் தகட்டின் பாகம் வெண்மையாகவே இருக்கும். இவ்வாறு தெளிவுறுத்தப்பட்ட தகட்டை ஹைப்போ (hypo) எனப்படும் ஸோடியம்-தயோ-சல்பேட்டு (sodium thiosulphate) என்ற கலவையில் தோய்த் தெடுக்கவேண்டும். இவ்வாறு செய்வதால் தகட்டின்மீது படம் நிலை பெறுகிறது. பின்பு தகட்டைக் குழாயில் வரும் நீரில் கழுவி உலர்த்த வேண்டும். இப்போது தகட்டிலுள்ள படிமத்தைப் பார்த்தால் படம் பிடிக்கப்பட்டவரின் கரிய ரோமம் வெண்மையாகவும், அவரது வெண்மையான ஆடை கருத்து இருண்டும் காணப்படும். இதுபோலவே பொருளின் கரிய பாகம் வெண்மையாகவும், வெண்மையான பாகம் கருத்தும் படத்தில் மாறித்

*

தோன்றும். இதனல். தகட்டிலுள்ள இந்தப் படிமம் எதிர்வகைப் படிமம் (negative image) என்று சொல்லப்படுகிறது. இந்தத் தகட்டை எதிர்வகைத் தகடு (negative plate) என்றும் சொல்வதுண்டு.

நாம் ஒரு காட்சியை நேரில் பார்ப்பது போன்ற நேர் வகைப் படிமம் (positive image) எப்படி உண்டாக்கப்படு கிறது என்பதைக் கவனிப்போம். தயாரிக்கப்பட்ட எதிர்வகைத் தகட்டை இருட்டறைக்குள் கொண்டுபோய், புதியதான ஒரு ஒளிப்படத் தகட்டுடன் ஒன்ருேடொன்று சேர்த்துவைத்து, அவ்வறையில் விளக்கேற்றி, விளக்கின் எதிரே சிறிதுநேரம் பிடிக்கவேண்டும். விளக்கின் ஒளி எதிர்வகைத் தகட்டின் மூலம் ஊடுருவிச் சென்று, புதிய ஒளிப்படத் தகட்டைப் பாதிக் கின்றது. எதிர்வகைத் தகட்டின் இருண்டபகுதியின் மூலம் ஒளி ஊடுருவிச் செல்லாது; இதனல் இதற்கு எதிரே புதிய தகட்டின் மீதுள்ள பாகம் ஒளியால் பாதிக்கப்படாது வெண்மையாகவே இருக்கும். எதிர்வகைத் தகட்டின் தெளி வான பாகத்தினூடே ஒளி ஊடுருவிச் சென்று புதியதகட்டின் மீதுள்ள பாகத்தைக் கருப்பாக்கிவிடும். இவ்வாருக, கருமை யான பாகம் வெண்மையாகவும், வெண்மையான பாகம் கருத்தும் புதிய ஒளிப்படத் தகடு பாதிக்கப்படுகின்றது. இத் தகட்டை முன்போல் தெளிவுறச் செய்து பின்பு நிலைபெறச் செய்தால், படிமம் படம் பிடிக்கப்பட்டவரைப் போன்றே இருக்கும். இதைத்தான் பிரதி எடுத்தல் என்கிருேம். இது போன்று எத்தனை பிரதிகள் வேண்டுமானுலும் ஒரே எதிர் வகைத் தகட்டைக் கொண்டு எடுக்கலாம்.

பலவகை ஒளிப்படக் கருவிகள் : ஒளிப்படக் கருவியில் பலப்பல வகைகள் உண்டு. படப்பிடிப்பு நிலையங்களிலும், வெளிப்புறங்களிலும், மூன்று கால்களின்மீது நிறுத்தப்படும் ஒளிப்படக் கருவியை உபயோகிப்பது நாம் அறிந்ததே. இதன்றி, கால்களின்மேல் நிறுத்தாமல், கழுத்திலிருந்து தொங்கவிட்டபடி படம் பிடிக்கவல்ல, கைக் கருவிகளையும் (hand camera) நம்மில் அநேகர் உபயோகிக்கிருேம். மேலும், காட்சிகளை நுண்ணிய படங்களாகப் பிடிப்பதற்கான ஒளிப்

படக் கருவிகளும் உண்டு. இதல்லாமல், நுண்ணிய பொருட்களைப் படம் பிடிப்பதற்கும், வெகு தொலைவிலுள்ள பொருட்களைப் படம் பிடிப்பதற்கும் ஏற்ற ஒளிப்படக் கருவிகளும் உண்டு.

நுண்பொருள் ஒளிப்பட இயல் (Photo Micrography): இக்கலையில் நுண்ணிய பொருட்கள் ஒரு நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு பெரிதாக்கப்படுகின்றன; பெரிதாக்கப்பட்ட படிமம் படம் பிடிக்கப்படுகிறது. இக்கருவியைக் கொண்டு கண்ணுக்குப் புலப்படாத பாக்டீரியாக்களைத் தெளிவாகக் காணலாம். சாதாரண நுண்ணோக்கியின் மூலம் பொருளின் பெரிதான மாயப் படிமத்தையே காண்கிறோம் என்று முன்னரே பார்த்தோம். மாயப் படிமத்தை ஒரு திரையின்மேல் விழச் செய்ய முடியாது; இதனால் இதைப் படம் பிடிக்க முடியாதல்லவா? எனவே, இந்த நுண்ணோக்கியில் ஒரு சில மாற்றங்கள் ஏற்படுத்தியுள்ளார்கள். இதில் கடைசியாக ஏற்படும் படிமம் மெய்ப் படிமமாக இருக்குமாறு இதை அமைத்துள்ளார்கள். இந்த மெய்ப் படிமத்தைத் திரையில் விழச் செய்து நாம் நேரிடையாகப் பார்க்கலாம். இந்தத் திரையை நீக்கி, அதற்குப் பதிலாக ஒளிப்படத் தகட்டைப் பொருத்தி வைத்துப் படம் பிடிக்கலாம்.

ஒளிப்பட நுண்ணியல் (Micro-photography): புத்தகத்தில் அச்சடிக்கப்பட்ட பக்கங்களையே ஒரு புள்ளி வடிவில் படம் பிடிக்கும் நூதன முறையைக் கண்டுபிடித்துள்ளார்கள். இந்த முறையில் புராதனப் பதிவுகளையும், கல்வெட்டுப் போன்ற குறிப்புகளையும் புள்ளி வடிவில் படம் பிடித்துச் சுலபமாகப் பாதுகாத்து வைத்துக்கொள்ள இது ஒரு சிறந்த சாதனமாகும். வேண்டியபோது அப்படங்களைத் திரையிட்டுப் பார்க்கலாம்; அல்லது அவற்றைப் பெரிதாக்கி (enlarge)ப் பிரதிகள் எடுத்துக்கொள்ளலாம். இந்த முறையைக் கையாண்டு, சென்ற இரண்டாவது உலக மகாயுத்தத்தில் ஜெர்மானியர் ரகசியச் செய்திகளைப் பரிமாறிக் கொண்டனர்.

நெடுந்தொலை ஒளிப்படக் கலை (Tele-photograply): தொலைவில் உள்ள ஒரு பொருளைப் படம் பிடித்தால் அதன்

படிமம் நுண்ணியதாகவே ஏற்படும். படிமம் பெரிதாக ஏற்பட வேண்டுமானல், ஒளிப்படக் கருவியில் அதிகக் குவியத் தூரங் கொண்ட குவி வில்லையை உபயோகிக்கவேண்டும். இவ்வாறு அமைத்தால் கருவியிலுள்ள திரையை வில்லையிலிருந்து அதிகத் தூரத்தில் எட்டி வைக்கவேண்டும். இதனுல் ஒளிப்படக் கருவி மிகப் பெரிதாகிவிடுகிறது. இதற்காகக் கருவியின் முன் புறத்தில் குவி வில்லைக்குப் பதிலாக, அதே குவியத்தூரமுள்ள குழி வில்லையைப் பொருத்தி அதற்குச் சற்று முன்னுல் குறைந்த குவியத்தூரம் கொண்ட குவி வில்லையை அமைக்கிருர்கள். இந்த அமைப்பினுல் ஒளிப்படக் கருவி சிறியதாகி விடுகிறது; இரண்டொரு மைல் தொலைவிலுள்ள பொருட்களையும் எளிதாகவும், தெளிவாகவும் படம் பிடிக்கலாம்.

திரை ஒளிப்படக் கருவி (cine-camera): திரைப் படக் காட்சியில் உபயோகிக்கும் படங்கள் ஒரு இயக்கத்தின் பல்வேறு பகுதிகளைக் காட்டுவனவாகும். இப்படங்கள் ஒரு செலுலாயிடு நாடாவின் மீது பதிக்கப்படுகிறன்றன. இவைகளைப் படம் பிடிப்பதற்கு ஏற்றவாறு இக்கருவி அமைக்கப் பட்டுள்ளது. விநாடி ஒன்றுக்கு 24 படங்களாக நாடாவில் பதிக்கப்படுகின்றன. இது எவ்வாறு நடைபெறுகிறதென்ருல் கருவியின் வில்லைக்கு முன்புறம் ஒரு துவாரத்தைக் கொண்ட இடைத்திரை (diaphragm) $\frac{1}{48}$ விநாடி நேரம் வரை திறந்திருக்கிறது; அப்பொழுது காட்சியின் படம் நாடாவில் பதிக்கப்படுகிறது. அடுத்த $\frac{1}{48}$ விநாடி நேரம் அளவாக துவாரம் மூடிக் கொள்கிறது. அப்பொழுது படச் சுருள் வேண்டிய அளவு நகர்ந்து கொடுக்கிறது. திரும்பவும் அதே கால அளவிற்குத் துவாரம் திறந்திருக்க, அடுத்த படம் பதிக்கப் படுகிறது. இவ்வாருக இடைத்திரையின் துவாரம் திறந்து மூடி, விநாடிக்கு 24 படங்களாகப் பதிவு செய்யப் படுகின்றன. படங்கள் பதிக்கப்பட்ட நாடாக்களைத் தெளிவுறச் செய்து, பின்பு நிலைபெறச் செய்கிருர்கள். இதிலிருந்து பல பிரதிகள் எடுத்துப் பல இடங்களுக்கும் அனுப்புகிருர்கள்.

வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களும், புற ஊதாக் கதிர்களும்: ஒரு கண்ணுடி முப்பட்டகத்தின் (prism) மூலம் வெண்ணிற

ஒளிக்கற்றையைப் பாயச் செய்து, வெளி வரும் கற்றையை ஒரு திரையின் மேல் விழச் செய்தால், ஏழுவர்ணப் படிமத்தைக் காணலாம். இதைத் தான் நிறமாலை (spectrum) என்கிறோம். இந்நிறமாலையிலுள்ள ஏழு வர்ணங்களே நம் கண்களுக்குப் புலப்படுவன. ஆனால், வெண்ணிற ஒளியில் நம் கண்களுக்குப் புலப்படக் கூடிய இவ்வேழுவர்ணக் கதிர்கள் மட்டுமின்றி, கண்களுக்குத் தென்படாத வேறு கதிர்களும் உண்டு. இக்கதிர்களில் ஒரு பகுதி மேலே கூறிய நிறமாலையின் ஒருபுறமும், மறு பகுதி நிறமாலையின் மறுபுறமும் இருக்கும். நிறமாலையின் சிவப்பு ஒளிக்கு அப்பால் கண்ணுக்குத் தென்படாத இக் கதிர்கள், வெளிச் சிவப்புக் கதிர்கள் (infra-red rays) எனப் படும். ஊதா ஒளிக்குப் புறம்பாக உள்ள புலப்படாக் கதிர்களுக்குப் புற ஊதாக் கதிர்கள் (ultra violet rays) என்று பெயர்.

ஒரு பொருளைச் சாதாரணமாகப் படம் பிடிக்கும்போது, அதிலிருந்து வெளிவரும் கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளியைக் கொண்டு தான் படம் பிடிக்கிறோம். பொருளிலிருந்து வெளியாகும் ஒளிக்கற்றையில் நம் கண்ணுக்குத் தெரியாத வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களும், புற ஊதாக் கதிர்களும் அமைந்திருப்பதாகப் பார்த்தோம். இவற்றில் வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களே மிகுந்த ஊடுருவும் தன்மை வாய்ந்தவை.

வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களால் பாதிக்கப்படக் கூடிய ஒளிப் படத் தகட்டைக்கொண்டு, பொருளைப் படம் பிடிப்பதுண்டு. இது வெளிச்சிவப்பு ஒளிப்படம் (infra red photo) ஆகும். பகல் முழுவதும் உட்கொண்ட சூரிய ஆற்றலை (solar energy) எல்லாப் பொருட்களும் இராக் காலங்களில் வெளிவீசுகின்றன. இக்கதிர்கள் பெரும்பாலும் கண்ணுக்குப் புலப் படாத வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களாகவே இருக்கும். இதனால் இராக்காலங்களிலும் கூட, கும்மிருட்டிலும் கூட, ஓர் இயற்கைக் காட்சியை வெளிச் சிவப்பு ஒளிப்படம் பிடிக்கலாம். என்ன ஆச்சரியம் பாருங்கள்!

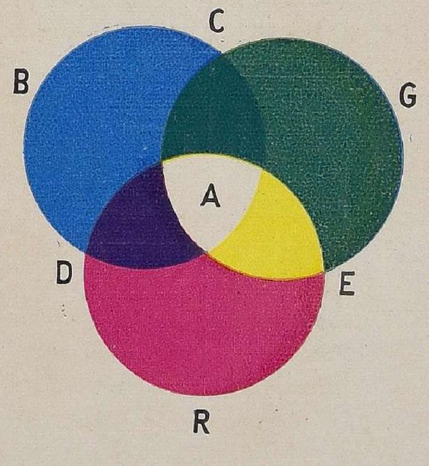
இது போல, இராக் காலங்களில், புற ஊதா ஒளிப் படம் எடுக்க முடியாது. ஏனெனில் பொருளிலிருந்து வெளிவீசப்

படும் புறஊதாக் கதிர்களுக்கு ஊடுருவும் தன்மை கிடையாது; அவை எளிதாக உட்கொள்ளப்பட்டு விடுகின்றன. நுண் பொருள் ஒளிப் படக் கலையைப் பற்றி முன்னரே பார்த்தோம். படம் பிடிக்கவேண்டிய நுண்ணிய பொருளைப் புற ஊதாக் கதிர்களால் ஒளிரச் செய்கிறார்கள். இவ்வாறு செய்வதால் பிடிக்கப்படும் படம், பொருள்களின் நுட்பங்களைப் பெரி தாகவும், தெளிவாகவும் காண்பிக்கின்றது.

திருட்டுத் தனமான கையெழுத்துக்களையும், எளிதில் புலப் படாதவாறு திறமையாகத் திருத்தப்பட்ட எழுத்துக்களையும் எப்படி எளிதில் கண்டுபிடிக்கிறார்கள் என்று பாருங்கள். சந்தேகப்படும் இந்தத் திருத்தங்களின் மீது வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களை விழச் செய்து படம் பிடித்தால் அவற்றிலுள்ள திருத் தங்களை வெகு தெளிவாகக் காணலாம். இக்கலை, எழுத்து மாற்றங்களால் ஏற்படும் குற்றங்களைக் கண்டுபிடிக்கப் பெரி தும் பயன்பட்டு வருகிறது.

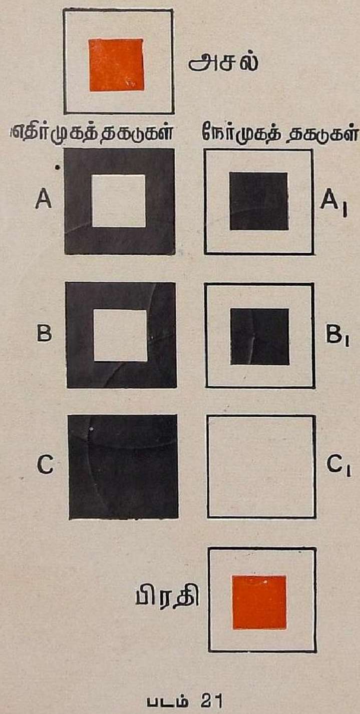
வண்ண ஒளிப்படக் கலை (Colour photography): சாதாரண ஒளிப்படத்தில் கருப்பு, வெள்ளை இவ்விரண்டு நிறங்களைக் கொண்டே படம் அமைந்துள்ளது. இயற்கை யாக ஒரு பொருளிலோ, காட்சியிலோ உள்ள பல்வேறு வர் ணங்கள் ஒளிப்படத்தில் அப்படியே அமைவதற்கு வண்ண ஒளிப்படம் (colour photo) என்று பெயர். இதைச் சிறிது ஆராய்வோம். ஓவியங்களைப் பார்ப்போமானால், எண்ணிக் கையில் அடங்காத வண்ண வேற்றுமைகளைக் காணலாம். ஆனால் அவை யாவும் சிவப்பு, பச்சை, நீல–ஊதா என்ற மூன்று அடிபபடை வர்ணங்களாலேயே ஆனவை. இந்த மூன்று வர்ணங்களையும் தகுந்த விகிதத்தில் கலந்து எண்ணற் கரிய புதுப்புது வர்ணங்களை ஓவியன் தோற்றுவிக்கிறான்.

படம் 20-ல் மூன்று அடிப்படை வர்ணங்களின் சேர்க்கை யால் உண்டாகும் புதிய வர்ணங்களைக் காண்கிறோம். B என்ற நீல–ஊதா வட்டம், G என்ற பச்சை வட்டம், R என்ற சிவப்பு வட்டம் ஆக மூன்றும் ஒன்றன்மேலொன்று படிகின்றன. நீல–ஊதாவும் பச்சையும் ஒன்று சேர்வதால் C என்ற நீலப் பசுமை நிறம் உண்டாகிறது. பச்சையும் சிவப்பும் கலப்பதால்



படம் 20

பச்சை, நீல-ஊதா என்ற மூன்று அடிப்படை வர்ணங்களின் சேர்க்கையால் C என்ற நீலப் பசுமை, E என்ற மஞ்சள், D என்ற மஜெண்டா நிறங்கள் உண்டாதல்.



படம் 21

அசலில் உள்ள
சிவப்புச் சதுரத்தைப் படம் எடுத்தல்

E என்ற மஞ்சள் நிறம் தோன்றுகிறது. சிவப்பும் நீல–ஊதாவும் ஒன்றுபட்டு D என்ற மஜெண்டா (magenta) வர்ணத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மூன்று அடிப்படை வர்ணங்களும் கலக்கும் A என்ற இடத்தில் வெண்மை நிறத்தைக் காண்கிறோம்.

இந்த வண்ணக் கலப்பை ஓர் எளிய முறையில் அமைத்துக் காட்டலாம். ஒரு மின்சார விளக்கிற்கு முன்னால் குவியத் தூரத்தில் (focal length) குவிவில்லையை அமைத்தால் வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை இணைகற்றையாக (parallel beam) இருக்கும். அமைப்பிற்கு முன்னால் சிவப்பு நிற வடிதகட்டை (filter) நிறுத்தினால் சிவப்புநிற ஒளிவட்டம் திரையின் மேல் விழுமல்லவா? இது போலவே, பச்சை நிற வடிதகட்டைக் கொண்டு பச்சைநிற ஒளிவட்டமும், நீல–ஊதா வடிதகட்டைக் கொண்டு நீல–ஊதா ஒளிவட்டமும் திரையின்மேல் தனித் தனியே விழச் செய்யலாம். இம்மூன்று ஒளி வட்டங்களையும் படம் 20-ல் காட்டியவாறு ஒன்றன்மேலொன்று விழுமாறு அமைத்தால் மேற்கூறிய வண்ணச்சேர்க்கை விளைவுகளை நேரடியாகக் காணலாம்.

இந்த அடிப்படைத் தத்துவத்தை ஆதாரமாகக்கொண்டே வண்ண ஒளிப்படக் கலை தோன்றியுள்ளது. இதைச் சற்று ஆராய்வோம். மேற்கூறிய சோதனையில் வடிதகடுகளைப் பயன்படுத்தினோம். அவைகளில், சிவப்பு வடிதகடு திரையின் மேல் சிவப்பு ஒளிவட்டத்தையே உண்டாக்குவதாகக் குறிப்பிட்டோம. வெண்ணிற ஒளி சிவப்பு வடிதகட்டின் மூலம் பாயும்போது அத்தகடு வெண்ணிற ஒளியிலுள்ள சிவப்பு ஒளி நீங்கலாக மற்றெல்லா ஒளிக்கதிர்களையும் கிரகித்து விடுகிறது. இதனால் சிவப்புநிற ஒளிக்கற்றையே வெளிவருகிறது. இது போலப் பச்சை வடிதகடு பச்சை ஒளியைமட்டும் தன்னூடே பாயச்செய்யும். இதனாலேயே பச்சைநிறக் கண்ணாடி அணிந்திருப்பவருக்குப் பார்ப்பதெல்லாம் பச்சையாகவே தோன்றும்.

ஒருநிற வடிதகட்டின்மேல் வேறுநிற ஒளிக்கதிர் விழுந்தால் வடிதகடு அவ்வொளியை உட்கொண்டுவிடும். உதாரண

மாக, சிவப்பு வடிதகட்டின் மூலம் பச்சை விளக்கைப் பார்த்தால், அது கருமையாகவே தோன்றும்.

வண்ண ஒளிப்படம் பிடிக்கும் முறையை இப்போது கவனிப்போம். இந்தக் கலையில் இரண்டு முறைகளைக் கையாளுகிறார்கள். அவை சேர்க்கை முறை (additive process), நீக்கல் முறை (subtractive process) என்பனவாம். இங்கு சேர்க்கை முறையில் வண்ண ஒளிப்படம் பிடிக்கும் முறையைச் சற்று ஆராய்வோம்.

ஒரு வெண்ணிறச் சதுரத்தின் நடுவிலுள்ள சிவப்புச் சதுரத்தைப் படம் பிடிப்பதாகக் கொள்வோம். இதை அசல் (original) என்று கொள்வோம் (படம் 21). முதலில், ஒளிப் படக் கருவியின் முன்னால் நீல—ஊதா வடிதகட்டை நிறுத்தி இந்த அசலைப் படம் பிடிக்கிறார்கள். உள் சதுரத்திலிருந்து வரும் சிவப்பு ஒளியை வடிதகடு கிரகித்துவிடுவதால் ஒளிப் படத் தகட்டில் நடுச்சதுரம் பாதிக்கப்படுவதில்லை. அசலின் வெளிச் சதுரத்திலிருந்து வெண்ணிற ஒளி வருவதால், வடி தகடு நீல—ஊதாக் கற்றையைத் தன்னூடே பாயச் செய்கிறது. ஆகவே A என்ற எதிர்முகத் தகட்டின் உள்சதுரம் வெண்மை யாகவும், வெளிச்சதுரம் கருத்தும் காணப்படும். இதன் A_1 என்ற நேர்முகத் தகட்டில் உள்சதுரம் கருத்தும், வெளிச் சதுரம் வெண்மையாகவும் இருக்கும்.

அடுத்தபடியாக, பச்சை வடிதகட்டைக் கொண்டு படம் பிடிக்கிறார்கள். இப்போது உண்டாகும் B என்ற எதிர்முகத் தகடும், B_1 என்ற நேர்முகத் தகடும் படத்தில் காட்டப்பட் டுள்ளன.

இறுதியாக, சிவப்பு வடிதகட்டைக் கொண்டு படம் எடுக் கிறார்கள். C என்ற எதிர்முகத்தகடு முழுதும் கருப்பாகவே இருக்கும். இதன் C_1 என்ற நேர்முகத்தகடு முழுவதும் வெண்மையாக இருக்குமல்லவா ?

இவ்வாறாக, மூன்று அடிப்படை வடிதகடுகளைக் கொண்டு A_1, B_1, C_1 என்ற நேர்முகத்தகடுகளைத் தயாரிக்கிறார்கள். இவைகளைக் கொண்டு பிரதி எவ்வாறு எடுக்கப்படுகின்றது ?

A_1 என்ற நேர்முகத்தகட்டின் மூலம் நீல–ஊதா ஒளியைப் பாயச் செய்தால் திரையின்மேல், கரிய உள்சதுரமும், நீல–ஊதா வெளிச்சதுரமும் ஏற்படுமல்லவா ? இவ்வாறு B_1 மூலம் பச்சை ஒளியையும் C_1 மூலம் சிவப்பு ஒளியையும் பாயச்செய்து மூன்று படிமங்களேயும் ஒன்றின்மேலொன்று விழுமாறு அமைத்தால், சிவந்த உள் சதுரத்தையும், வெண்ணிற வெளிச்சதுரத்தையும் திரையில் காணலாம். இதுவே அசலை யொத்த பிரதி.

செய்முறையில், மூன்று அடிப்படை வர்ணங்களான சிவப்பு, பச்சை, நீல–ஊதா என்ற மூவர்ணத் துகள்கள் நன்ருகக் கலந்து ஒரே தகட்டின்மேல் தூவப்பட்டுள்ளன. இவை தகட்டில் நெருக்கமாகப் படிந்திருக்கும். சிவப்பு ஒளி இத்தகட்டின்மீது பட்டால், சிவப்புத் துகள்கள் இச்சிவப்பு ஒளியை ஊடுருவிச் செல்லவிடுகின்றன ; ஆனல், மற்ற இரு வகைத் துகள்களும் இந்த ஒளியை உட்கொண்டு விடுகின்றன. இதுபோலவே, பச்சை ஒளி பச்சைத் துகள்கள் மூலம் மட்டுமே ஊடுருவிச் செல்லும். சிவந்த ரோஜாப்பூவும், பச்சை இலைகளும் கூடிய ஒரு கொத்தைப் படம் பிடிப்பதாகக் கொள்வோம். இதன் படிமம் தகட்டின்மீது விழுகிறது. பூவின் பாகத்திலிருந்து வெளியாகும் சிவப்பு ஒளி, தகட்டின்மேலுள்ள சிவப்புத் துகள்களின் மூலம் ஊடுருவிச் செல்லுகிறது. இலையுள்ள பாகத்திலிருந்து வெளிவரும் பச்சை ஒளி அங்குள்ள பச்சைத் துகள்களின்மூலம் ஊடுருவி அப்பால் செல்லுகிறது. இவ்வாருக ஒவ்வொரு வர்ணமும் தகட்டின்மீது பதிக்கப்படுகின்றது, இத்தகட்டைப் பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் (potossium permanganate) கலவையில் கழுவி எடுத்து, விளக்கின் எதிரே பிடித்துப் பார்த்தால், சிவப்பு ஒளியைப் பாயச்செய்த பாகம் சிவந்தும், பச்சை ஒளியைப் பாயச் செய்த பகுதி பச்சையாகவும் தோன்றும். இவ்வாருக, படத்தில் பச்சை இலைகளும், சிவந்த ரோஜாப்பூவும் இயற்கை வர்ணங்களில் தீட்டப்படுகின்றன. இத் தகட்டைத் திரையிட்டு மகிழலாம்.

ஒளிப்படக் கலையின் இதர உபயோகங்கள் : ஒளிப்படக் கலை நமக்குப் பல வழிகளிலும் பயன்படுகின்றது. குதிரைப்

பந்தயங்களில் குதிரைகள் ஒன்றுக்கொன்று மிக நெருங்கிப் பந்தயத்தை முடிக்கும்போது எது முதலில் வந்தது என்று திட்டமாகத் தீர்மானிக்க முடியாத நிலைமை ஏற்படுவதுண்டு. இந்தச் சிக்கலான நிலைமையைத் தவிர்ப்பதற்கு ஒளிப்படம் பிடித்தால் உண்மை விளங்கிவிடும்.

வான இயலில் ஒளிப்படக் கலை ஒப்பற்ற சேவைபுரிந்து வருகிறது. வானத்து விண்மீன்களையும், கோள்களையும் தொலை நோக்கியின் மூலம் இடைவிடாது பார்த்துப் பார்த்து அயர்ந்துவிடுவார்கள் விஞ்ஞானிகள். அந்தத் தொல்லைகளை எல்லாம் நிவர்த்திக்க வந்தது ஒளிப்படக் கலை. தொலை நோக்கியுடன் ஓர் ஒளிப்படக் கருவியைப் பொருத்திவைத்தால், அது ஒன்றன்பின் ஒன்றாகப் படம் பிடித்துக் கொண்டே இருக்கும். இப்படங்களைச் சாவதானமாக ஆராய்ந்து புள்ளி விவரங்களை எடுக்கிறார்கள்.

ஒளிக்குப் பதிலாக X–கதிர்களை (X–rays)க் கொண்டு எடுக்கப்படும் படத்திற்குக் X–கதிர்ப் படம் (radiogrph) என்று பெயர். இக்கதிர்களைக் கொண்டு படம் எடுத்து, எலும்பு முறிவுகள், தவறுதலாக விழுங்கப்பட்ட ஊசி, உடலினுள் பாய்ந்து சென்ற துப்பாக்கிக் குண்டுகள் போன்றவைகளை மருத்துவர்கள் அறிந்துகொள்ள முடிகிறது. X–கதிர்களைக் கொண்டு ஒரு விதை செடியாகும் வரை ஏற்படும் உள்ளமைப்பின் மாறுபாடுகளைப் படிப்படியாகப் படம் பிடித்துக் கண்டறியலாம். இதுபோன்று, மற்றும் பல உபயோகங்கள் "X-கதிர்கள்" என்ற அத்தியாயத்தில் கூறப்பட்டுள்ளன.

ஒளிப்படக் கலை மனித வாழ்க்கையோடு பின்னிப் பிணைந்துவிட்டது; விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி, தொழில், விவசாயம், சமூகவாழ்க்கை, மருத்துவம் போன்ற பல துறைகளிலும் இன்று இக்கலை பெரிதும் பயன்பட்டு வருகின்றது.

7. நிறமாலை

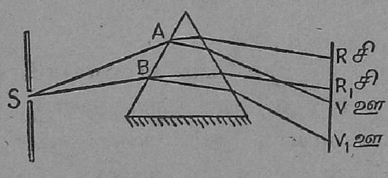
வெண்ணிற ஒளிக்கற்றை ஏழுவர்ணக் கதிர்களால் ஆகியது என்ற உண்மையை 1664-ல் நியூட்டன் என்ற விஞ்ஞானி வெளியிட்டார். ஒரு எளிய பரிசோதனையின் மூலம் வெண்ணிற ஒளியில் ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, சிவப்பு என்ற ஏழுவர்ணக் கதிர்களும் அமைந்துள்ளன என்று அவர் எடுத்துக் காட்டினார். ஒரு இருட்டறையில் உள்ள ஒரு சிறு துவாரத்தின் வழியாக உள்ளே வரும் சூரிய ஒளிக்கற்றையை ஒரு முப்பட்டகத்தின் (prism) மீது விழும்படிச் செய்தால், அது பல வர்ணக் கதிர்களாகப் பகுக்கப் படுகின்றது. முப்பட்டகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை எதிரேயுள்ள சுவரின் மேல் விழும். சுவரின் மேல், மேற்கூறிய ஏழுவர்ணங்களும் அடுத்தடுத்து அமைந்துள்ளதைக் காணலாம். இந்த அமைப்பே நிறமாலை (spectrum) எனப்படுவது. இயற்கையில் இந்த நிறமாலையை வானவில்லில் காண்கிறோம்.

இதிலிருந்து வெண்ணிற ஒளி இவ்வேழு வர்ணங்களைக் கொண்டது என்றும், அந்த ஏழு வர்ணங்களும் ஒன்றாகக் கலந்திருப்பதாலேயே வெண்மையாக நம் கண்களுக்குத் தோன்றுகிறது என்றும் நியூட்டன் முடிவுக்கு வந்தார். முப்பட்டகத்தின் மூலம் வெண்ணிற ஒளி பாய்ந்தவுடன் அதிலடங்கிய ஒவ்வொரு வண்ணக் கதிரும் வெவ்வேறு அளவில் ஒதுக்கம் (deviation) அடைகின்றன. இதுவே நிறம் பிரிதலுக்குக் (dispersion) காரணமாகும். ஊதா நிறக் கதிர் மிக அதிகமாகவும், சிவப்பு நிறக்கதிர் மிகக் குறைவாகவும் ஒதுக்கம் அடைகின்றன. இதனாலேயே, நிறமாலையின் ஒரு ஓரத்தில் ஊதா நிறமும், மறு ஓரத்தில் சிவப்புநிறமும் அமைகின்றன.

ஒரு பலவர்ணத் தகட்டைக் கொண்டு, ஏழு வர்ணங்களின் சேர்க்கையால் வெண்ணிறம் உண்டாவதைக் கண்டறியலாம். வட்டமான ஒரு தகட்டை ஏழு கோணப் பகுதிகளாகப் பிரித்து ஒவ்வொரு பாகத்திலும் ஒவ்வொரு வர்ணத்தைப் பூசு. ஏழு

வர்ணங்களும் நிறமாலையில் உள்ளது போல் வரிசைக் கிரமமாகவும், அதே பரப்பும், செறிவும் (intensity) கொண்டதாகவும் தீட்டப்படவேண்டும். தகட்டை ஓர் அச்சில் பொருத்திச் சுழலச் செய்தால் அது வெண்மையாகக் காட்சி அளிக்கும். இவ்வாறு சுழலும்போது, ஒரு நிறம் நம் கண்ணில் பட்டு அதன் படிமம் விழித்திரையினின்று மறைவதற்குள்ளாக அடுத்த நிறமும், பின்னர் அதற்கடுத்த நிறமுமாக, ஒன்றன் பின் ஒன்ருக விழுகின்றன. நம் கண்ணின் பார்வை நீடிப்பின் (peisistence of vision) காரணமாக ஏழுவர்ணங்களும் ஒன்றுபட்டு வெண்மை நிறமாகக் காட்சியளிக்கின்றன்.

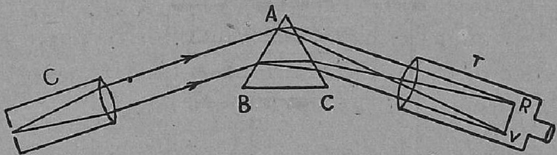
ஒரு குறுகிய பிளவை (slit)ச் சூரிய ஒளி கொண்டோ, வேறு வெண்ணிற ஒளிகொண்டோ ஒளிபெறச் செய்து அப்பிளவிலிருந்து விரியும் ஒளிக் கற்றையை ஒரு முப்பட்டகத்தின் மீது விழச்செய்தால், ஒவ்வொரு ஒளிக்கதிரும் அதனதன் பகுதிகளான ஏழுவர்ணக் கதிர்களாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. முப்பட்டகத்திற்கு அப்பால் ஒரு திரையை நிறுத்திவைத்தால் அதன்மேல் நிறமாலை உண்டாகிறது. படம் 22-ல் காட்டியபடி வெண்ணிற ஒளிக்கற்றையின் SA என்ற ஒளிக்கதிர் RV என்ற நிறமாலையையும், SB என்ற ஒளிக்கதிர் $R_1 V_1$ என்ற நிறமாலையையும் உண்டு பண்ணுகின்றன. இதுபோல் ஒவ்வொரு ஒளிக்கதிரும் வெவ்வேறு நிறமாலையைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதனல் ஒவ்வொரு வர்ணமும் தனித்தனியாகக் குறிப்பிட்ட ஓரிடத்தில் குவியப் பெருமல், திரையில் பலப்பல இடங்களில் படிகின்றன. ஆக, பலவர்ணங்களும் ஒன்ருேடொன்று கலந்து நிறமாலையின் தூய்மையைக் கெடுத்து விடுகின்றன. இதனுல் ஏற்படும் நிறமாலை தூய்மையற்றதே.



படம் 22. நிறமாலை அமைத்தல்

தூய நிறமாலை : திரையின் மேல் தூயநிறமாலையை (pure spectrum) உண்டு பண்ண எவ்வித அமைப்பைக்

கையாளுகிறார்கள் என்று கவனிப்போம். இதற்கான அமைப்பு படம் 23-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறுகிய பிளவிலிருந்து விரியும் ஒளிக்கற்றை ஒரு குவிவில்லையின் மூலம் பாய்ந்து இணைகதிர்களாக (parallel rays) வெளிவருகின்றது. இவைகளை ஒரு முப்பட்டகத்தின் மூலம் பாயச்செய்து, வெளிவரும் ஒளிக்கற்றையை மற்றொருவில்லையின் மூலம் செலுத்தினால்

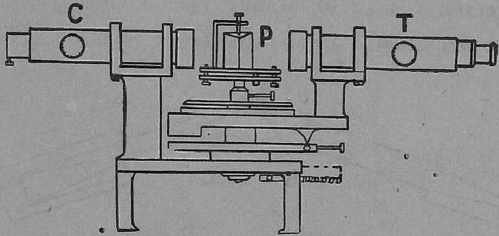


படம் 23. சுய நிறமாலை

இறுதியாக வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை RV என்ற நிறமாலையை உண்டு பண்ணுகிறது. இந் நிறமாலையில் ஒவ்வொரு வண்ணக்கதிரும் தனித்தனியே பிரிக்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். இதுவே தூய நிறமாலையாகும்.

மேலே கூறிய அமைப்புகளைக் கொண்ட கருவி நிறமாலை அளவி (spectrometer) என்று சொல்லப்படும். இதில் C என்பது ஒன்றனுள் ஒன்றாகச் செருகப்பட்ட இரண்டு குழாய்களைக் கொண்டது. வெளிக்குழாயின் நுனியில் குவிவில்லையும், உட்குழாயின் நுனியில் ஒரு பிளவும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு திருகைத் திருகி, பிளவிற்கும் வில்லைக்கும் உள்ள தூரத்தை மாற்றலாம். பிளவை ஒளிபெறச் செய்து, குவிவில்லையின் தூரத்தை மாற்றியமைத்து அதிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை இணையாக இருக்குமாறு அமைக்கலாம். இதனால், C-என்ற அமைப்பை இணையாக்கி (collimator) என்று சொல்லலாம். நிறமாலை அளவியின் இரண்டாவது முக்கிய அமைப்பு T-என்ற தொலைநோக்கியாகும். இதன் அமைப்பை நாம் முன்னரே பார்த்தோம். இவ்விரு அமைப்புகளைத் தவிர, முப்பட்டகத்தை நிறுத்திவைப்பதற் கேற்றவாறு ஒரு பீடமும் (prism table) உண்டு.

இனி, இக்கருவியைக் கொண்டு ஒளியைப் பகுத்து ஆராயும் விதத்தைக் கவனிப்போம். இந்த நிறமாலை அளவியில், இணையாக்கி நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டும், தொலை நோக்கி நிறமாலை அளவியின் நடு அச்சைச் சுற்றிச் சுழலு



படம் 24. நிறமாலை அளவி

மாறு அமைக்கப்பட்டும் உள்ளன. ஆராயவேண்டிய ஒளியை இணையாக்கியின் பிளவிற்கு முன்னால் நிறுத்தி வைக்க வேண்டும். இணையாக்கியிலிருந்து வரும் இணைகற்றையானது முப்பட்டகத்தின்மீது விழுந்து, நிறம் பிரிதலுக்கு உட்பட்டு வெளிவருகிறது. இவ்வாறு வெளிவரும் ஒளிக்கற்றையே நிறமாலையை உண்டுபண்ணுகிறது. இப்போது தொலைநோக்கியை வேண்டியவாறு திருப்பி நிறமாலையின் பல வர்ணங்களை ஆராயலாம்.

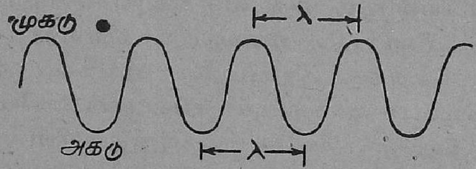
ஒளியின் அலையியக்கக் கொள்கை (Wave-theory of light) : ஒளி ஒரு விளக்கிலிருந்து நாலா பக்கங்களிலும் பரவிச் செல்வதைக் காண்கிறோம். ஒளியின் விளைவுகளையும், ஒளியினால் நாம் அடையும் நன்மைகளையும் நாம் நன்கு அறிந்திருந்தபோதிலும், ஒளி என்றால் என்ன, ஒளி எத்தகைய ஒன்றால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது என்ற நுட்பங்கள் விஞ்ஞானிகளுக்கு வெகு காலத்திய மர்மமாகவே இருந்துவந்தது. முதன்முதலாக ஒளி 'இத்தன்மையது' என்று உலகுக்கு உணர்த்தியவர் நியூட்டன் என்ற பிரபல விஞ்ஞானியே. ஒளி வீசும் பொருளானது, கணக்கற்ற நுண்ணிய துகள்களை (corpuscles) நாலுபக்கங்களிலும் வீசிக் கொண்டிருப்பதையே ஒளிவீசுதல் என்று விளக்கினர். இத்துகள்கள், வீசி எறியப் படுவதால் நேர்கோட்டில் தானே செல்லவேண்டும்? இது,

ஒளி நேர்முகமாகச் செல்லுகிறது என்ற ஆராய்ந்து அறிந்த உண்மைக்கு விளக்கந் தருகிறது. ஒளி நேர்முகமாகப் பரவுவதாலேயே நிழல் உண்டாவதையும், ஊசித்துளைப் பெட்டியில் படிமம் ஏற்படுவதையும் நீங்கள் அறிவீர்கள். துகள்களின் வீச்சே ஒளியென்றால், ஒரு விளக்கு பச்சைநிற ஒளியையும், மற்றொன்று சிவப்புநிற ஒளியையும் வீசுவது ஏன் என்று கேட்கலாம். அதற்கு நியூட்டனே விளக்கம் தந்துள்ளார். சிவப்பு ஒளியும் பச்சை ஒளியும் துகள்களாலேயே ஆக்கப்பட்டிருந்தபோதிலும், சிவப்பு ஒளித்துகளின் பருமனும் பச்சை ஒளித்துகளின் பருமனும் வெவ்வேறாக இருக்கின்றன. இந்தப் பருமன் வேறுபாடே வெவ்வேறு நிறங்களுக்குக் காரணமாகும்.

நியூட்டனின் இந்தப் புதிய கொள்கையால் ஒளி விலகிச் செல்லும் (refraction) இயல்பை விளக்க முடியவில்லை. இக் குறையை நீக்க விஞ்ஞான உலகில் புதியதொரு கொள்கை தோன்றலாயிற்று. இக்கொள்கைக்குக் காரணமாயிருந்தவர்கள், ஹைஜன்ஸ் (Huyghens), யங் (Young), ஃப்ரேனல் (Fresnel) மற்றும் பலருமாவர். இக்கொள்கைப்படி, ஒளியானது அலை வடிவில் நாலு பக்கங்களிலும் பரவிச் செல்லுகிறது. இதை ஒரு சிறிய உதாரணத்தால் விளக்கலாம்.

அமைதியான நீர்ப்பரப்பில் ஒரு சிறுகல்லைப் போட்டால், கல் விழுந்த இடத்திலிருந்து வட்டவடிவில் சிறுசிறு அலைகள் பரவிச் செல்வதைக் காணலாம். அலையைக் கவனித்தால் அது அகடு(trough), முகடு(crest) களாக அமைந்திருப்பது தெரியும் [படம் 25]. அடுத்தடுத்த முகடுகளுக்கிடையே உள்ள தூரமும் அடுத்தடுத்த அகடுகளுக்கிடையே உள்ள தூரமும் சமமாகவே இருக்கின்றன. இதுதான் அலைநீளம் (wave length) எனப்படுவது. நீர்ப்பரப்பில் தக்கைத் (cork) துகள்கள் தூவப்பட்டிருந்தால், அலை பரவிச் செல்லும் போது அத்துகள்கள் மேலும் கீழுமாக அசைவுறுவதைக் (vibrate) காணலாம். அலையானது நீர்ப்பரப்பில் கிடை மட்டமாகப் (horizontal) பரவிச் செல்ல, இத்துகள்கள் செங்குத்தான (vertical) திசையில் அசைவுறுகின்றன. தக்கைத் துகள்களைப் போன்றே

தண்ணீரின் துகள்களும் செங்குத்தாக அசைந்து கொண்டு இருக்கின்றன. ஆகவே ஓர் ஊடகத்தின் (medium) மூலம் அலைகள் பரவிச் செல்லும் போது, அலை செல்லும் திசைக்குச் செங்கோணத்தில் (normal) அவ்வூடகத்தின் துகள்கள்



படம் 25. அலை இயக்கம்

அசைவுறுகின்றன என்று அறிகிறோம். விநாடிதோறும் ஊடகத்தின் துகள்கள் அலைவுறும் எண்ணிக்கைக்கு அலையின் அலைவெண் (frequency) என்று பெயர். ஓர் அலையின் அலை நீளத்தை λ (lamda) என்றும், அலைவெண்ணை n என்றும், அலைசெல்லும் வேகத்தை v என்றும் குறிப்பிட்டால்,

$$v = n\lambda$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் (equation) உள்ள இரண்டு குறியீடுகளின் அளவுகள் தெரியுமானால், மூன்ருவதின் அளவைக் கணக்கிடலாம். இக்கொள்கைப் படி எல்லா நிற ஒளிக்கதிர்களும் அலைவடிவிலே பரவிச் செல்லுகின்றன. சிவப்பு ஒளியும் பச்சை ஒளியும் அவைகளின் அலை நீளங்களில் வேறுபடுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, சிவப்பு ஒளியின் அலைநீளம் $= 0{\cdot}000065$ செ. மீ. $= 6500 \times 10^{-8}$ செ. மீ. இந்த அளவில் 10^{-8} செ. மீ. நீளத்தை ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு (Angstrom unit) என்று குறிப்பிடுவதுண்டு. எனவே சிவப்பு ஒளியின் அலைநீளம் 6500 *A.U.* ஆகும். பச்சை ஒளியின் அலை நீளம் 5400*A.U*; ஊதா ஒளியின் அலை நீளம் 4500 *A.U.* இது போல் வெவ்வேறு நிற ஒளிக்கதிர்களும், வெவ்வேறு அலை நீளங்கள் கொண்டுள்ளன.

கிளார்க் மாக்ஸ்வெல் (Clerk Maxwell) என்ற விஞ்ஞானி 1865-ல் புதியதோர் உண்மையை வெளியிட்டார். கோட்பாட்டு ஆய்வுகளைக் கொண்டு (theoretical considera-

tions), ஒளி, காந்தம், மின்சாரம் போன்றவை யாவும் ஒரேவித அடிப்படைப் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன என்ற முடிவுக்கு அவர் வந்தார். எடுத்துக் காட்டாக், வானொலி அலைகளும் (radio waves), ஒளியும் ஒரே வேகத்தில் பரவிச் செல்லு கின்றன. இதன் விளைவாக, ஒளியின் மின் காந்தக் கொள்கையை (electro-magnetic theory) அவர் வெளி யிட்டார். இக்கொள்கையின்படி மின்னூட்டம் (charge) பெற் றுள்ள துகள்கள் அதிர்வுறும்போது அவற்றிலிருந்து காந்த அலைகளும் மின்சார அலைகளும் பரவிச் செல்லுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சியை, நீர்ப்பரப்பில் அலைகள் பரவிச் செல்வதற்கு ஒப்பிடலாம். ஆற்றலின் (energy) பல்வேறு தோற்றங்களாகிய வெப்பம், ஒளி, காந்தம், மின்சாரம் போன்ற யாவும் மின் காந்த இயல்பு உடையனவாகவே கருதப்படுகின்றன.

வெப்பம், ஒளி இவற்றிற்கு எப்படி மின்காந்த இயல்பு இருக்கமுடியும் என்று நினைக்கலாம். வெப்பமும், ஒளியும் பொருட்களிலிருந்தே வெளியாகின்றன. பொருட்கள் யாவும் அணுக்களாலேயே ஆக்கப் பட்டுள்ளன என்பதை நாம் அறிவோம். ஒவ்வோர் அணுவிலும் அதன் மத்தியி லுள்ள அணுக்கருவைச் (nucleus) சுற்றி, எலெக்ட்ரான்கள் (electrons) ஓடிய வண்ணம் இருக்கின்றன. இவை ஒவ் வொன்றும் தனித்தனிப் பாதைகளில் சுற்றுகின்றன. இவை செல்லும் பாதைகள் வட்டமாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். வெளி வட்டத்தில் உள்ள எலெக்டரான்கள் மிகுந்த ஆற்றலை யும், உள்வட்டத்தில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் குறைந்த ஆற் றலையும் கொண்டுள்ளன. வெளி வட்டத்தில் சுற்றிக் கொண் டிருக்கும் எலெக்ட்ரான் ஏதாவது ஒரு உள் வட்டத்திற்குத் தாண்டிச் செல்ல நேரிடலாம். அவ்வாறு நடை பெறும் போது ஆற்றல் அதிகம் கொண்டிருந்த எலெக்ட்ரான் ஆற்றல் குறைந்த உள் வட்டத்திற்கு வருகிறது. உள்வட்டத் தில் சுற்றுவதற்கு வேண்டிய ஆற்றல் போக மிஞ்சியிருப்பது வெப்பமாகவும், ஒளியாகவும் வெளியிடப் படுகின்றது. ஆக, கோடிக்கணக்கான எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவட்டங்களிலிருந்து உள்வட்டங்களுக்குத் தாண்டுவதாலேயே பொருட்கள் ஆற்

*

றலை வெப்பமாகவும் ஒளியாகவும் வெளிவிடுகின்றன. இதற்கு மாறாக, எலெக்ட்ரான்கள் உள்வட்டங்களிலிருந்து வெளிவட்டங்களுக்குத் தாண்டும்போது ஆற்றலை உட்கொள்கின்றன. ஆகவே; அணுக்களில் எலெக்ட்ரான்களின் தாண்டவமே பொருட்கள் ஆற்றலை வெளிவிடுவதற்கும், உட்கொள்வதற்கும் காரணமாகும். ஒருமணி அதிர்வுறும்போது அதிலிருந்து எப்படி ஒலி அலைகள் பிறக்கின்றனவோ, அதுபோல, எலெக்ட்ரான்களின் தாண்டவத்தால் எலெக்ட்ரான்கள் அதிர்வுற்று மின்காந்த அலையைப் பரப்புகின்றன. இதனால், வெப்பம், ஒளிபோன்ற ஆற்றல் வகைகளையும் மின்காந்த அலைகள் என்று சொல்வது பொருந்தும் அல்லவா? மின்காந்த அலைகள், ஒளியின் வேகத்தில், அதாவது விநாடிக்கு 1,86,000 மைல் (அல்லது விநாடிக்கு 3×10^{-10} செ. மீ.) வேகத்தில் பரவிச் செல்லுகின்றன.

மின் காந்த நிறமாலை (electro-magnetic spectrum) : வெப்பமும், ஒளியும் மின் காந்த அலைவகைகளே என்பதை நாம் முன்பே பார்த்துள்ளோம். ஒரு முப்பட்டகத்தின் மூலம் வெண்ணிற ஒளிக் கற்றையைப் பாயச் செய்தால் அது ஏழு வர்ணங்களாகப் பகுக்கப் படுகின்றது. கண்ணுக்குத் தோன்றும் ஏழுவர்ண நிறமாலைக்கு இருபுறங்களிலும் கண்ணுக்குத் தெரியாத கதிர்களும் இருக்கின்றன. சிவப்புக்கு அப்பால் உள்ள வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களும், ஊதாவுக்கு அடுத்துள்ள புற ஊதாக் கதிர்களும் அலைவகைகளே. ஆனால் இவை ஒளி அலைகளினின்று, அலை நீளத்தில் மாறுபட்டுள்ளன. கண்ணுக்குத் தெரியும் ஒளிக்கதிர்கள் 4000 A. *u*.–டிலிருந்து 7500 A. *u*. வரை அலை நீளம் கொண்டவை. வெளிச் சிவப்புக் கதிர்கள் 7500 A.*u*. டிலிருந்து 500,000 A. *u*. வரை அலை நீளம் உள்ளவை. ஊதாக்கதிர்களைவிடப் புற ஊதாக்கதிர்கள் குறைந்த அலை நீளம் உடையவை. இவைகளின் அலை நீளம் 4000 A. *u*–டிலிருந்து 150 A. *u* வரை இருக்கும். இவைகளன்றி, வெளிச்சிவப்புக் கதிர்களுக்கு அப்பாலும், புறஊதாக் கதிர்களுக்கு இப்பாலும் பல கதிர் வகைகள் இருப்பதாக ஆராய்ச்சியின் மூலம் கண்டுள்ளார்கள்.

வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களைவிட அதிக அலைநீளம் கொண்டவை வானொலி அலைகளாகும். இவைகளில் குற்றலைகளும், (short waves), நடுத்தர அலைகளும் (medium wave), நெட்டலைகளும் (long waves) அலை நீளத்தில் வித்தியாசமுள்ளவை.

1895-ம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட *X*–கதிர்களும் (x-rays), *1900*-ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட கதிரியக்கப் பொருள்கள் வெளி வீசும் காமா–கதிர்களும் (gamma-rays), *1921*-ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட காஸ்மிக் கதிர்களும் (cosmic rays) அலையியக்கம் கொண்டுள்ளதாக அறிந்தார்கள். இந்த அலை வகைகளும், மேலே கூறப்பட்ட அலைவகைகளும், ஆக, அனைத்தும் மின்காந்த அலைகளின் பல்வேறு பகுதிகளாகும். அலை

அட்டவணை

கதிர்வகை	அலை நீளம்
காஸ்மிக் கதிர்கள்	10^{-11} செ. மீ. க்குக் கீழாக
காமா கதிர்கள்	10^{-10} செ. மீ. யிலிருந்து 10^{-8} செ. மீ. வரை
X–கதிர்கள்	10^{-9} செ. மீ. யிலிருந்து 10^{-5} செ. மீ. வரை
புற ஊதாக் கதிர்கள்	$1{\cdot}50 \times 10^{-6}$ செ.மீ. யிலிருந்து 4×10^{-5} செ. மீ. வரை
புலப்படும் கதிர்கள்	4×10^{-5} செ. மீ. யிலிருந்து $7{\cdot}5 \times 10^{-5}$ செ.மீ. வரை.
வெளிச் சிவப்புக் கதிர்கள்	$7{\cdot}5 \times 10^{-5}$ செ. மீ. யிலிருந்து 0·04 செ. மீ. வரை.
வானொலி அலைகள்- குற்றலை நடுத்தர அலை, நெட்டலை	0·01 செ. மீ. க்கு மேலாக.

வகைகள் அனைத்தையும் அவைகளின் அலை நீளங்களுக்கு ஏற்ப வரிசைப்படுத்தினல் அதனுல் ஏற்படும் தொகுப்பே மின்காந்த நிறமாலை (electro-magnetic spectrum) எனப்படுவது. மின் காந்த அலைகளின் பகுதிகளான வெவ்வேறு கதிர் வகைகளின் அலை நீளங்களும், அவை நிறமாலையில் அமைந்துள்ள இடங்களும் மேலேயுள்ள அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

வெளிச் சிவப்புக் கதிர்கள் : கண்ணுக்குப் புலப்படும் ஏழுவர்ண நிறமாலையின் சிவப்பொளிக்கு அப்பாலும் புலப் படாத ஒளிக்கதிர்கள் இருக்கின்றன என்பதை, சர். வில்லியம் ஹெர்ஷல் (Sir William Herschel) என்பவர் 1800-ம் ஆண் டில் கண்டுபிடித்தார். வெண்ணிற ஒளிக்கற்றையை முப்பட்ட கத்தின் மூலம் பாயச் செய்து அவர் நிறமாலையை அமைத் தார். ஏழுவர்ண நிறமாலைக்கு இருபுறங்களும் கதிர்கள் புலப் படாது கருமையாகத் தோன்றின. ஒரு வெப்பநிலை மானியின் குமிழின் மீது கரிய வர்ணத்தைப் பூசி, அக்குமிழை நிறமாலை யின் சிவப்பு ஒளிக்கு அப்பால் வைத்துச் சிறிது சிறிதாக நகர்த்திக் கொண்டே போனார். அவ்வாறு ஆராய்ச்சி செய்யும் போது வெப்பநிலை மானியின் அளவு உயர்ந்து கொண்டு போவதைப் பார்த்தார். வெப்பத்தினால் வெப்பநிலை மானியின் அளவு உயர்வதை நாம் அறிவோம். மேற்கூறிய ஆராய்ச்சியி லிருந்து வெப்பத்தை ஒத்த கதிர்கள் சிவப்பு ஒளிக்கு அப்பால் இருண்டு காணப்படும் இடத்தில் இருப்பதாக அவர் கண்டு பிடித்தார். இக்கதிர்களே வெளிச் சிவப்புக் கதிர்களாகும்.

உபயோகம் : இக்கதிர்கள் ஒளிப்படத்தகட்டைப் பாதிக் கின்றன என்றும் இவைகளைக் கொண்டு ஒளிப்படங்கள் எடுக் கப்படுகின்றன என்றும் ஒளிப்படக்கலை என்ற பாடத்தில் கூறப்பட்டுள்ளது. இக்கதிர்கள் மருத்துவத் துறையில் பயன் பட்டு வருகின்றன. வாத சம்பந்தமான வியாதிகளுக்கு வெது வெதுப்புக் கொடுத்துக் குணப்படுத்த வெளிச்சிவப்புக் கதிர் களை மருத்துவர்கள் கையாளுகிறார்கள்.

புற ஊதாக் கதிர்கள் : நிறமாலையின் ஊதா ஒளிக்கு அப்பால் கண்ணுக்குப் புலப்படாத புறஊதாக் கதிர்கள் இருப் பதை 1801-ம் ஆண்டில் ரிட்டர் (Ritter) என்ற விஞ்ஞானி கண்டுபிடித்தார். அவர் நிறமாலையைப் படம்பிடித்து ஆராய் வதில் ஈடுபட்டுவந்தார். ஒளிப்படத்தகட்டில் புலப்படும் நிறமாலையிலுள்ள ஊதா ஒளிக்கு அப்பாலும் ஒளிப்படத்தகடு பாதிக்கப் பட்டிருப்பதைக் கண்டார். இதிலிருந்து கண்ணுக் குப் புலப்படாத, ஆனால் ஒளிப்படத் தகட்டைப் பாதிக்கக் கூடிய கதிர்கள் ஊதா ஒளிக்கு அப்பால் இருக்கின்றன என்

பதை அவர் விளக்கினர். புற ஊதாக் கதிர்கள் சில திரைகளின்மேல் பட்டவுடன் அத்திரைகள் ஒளிவீசுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக மஞ்சள் பூசப்பட்ட திரை, நீலநிற ஒளியை வீசுகின்றது. இவ்வாறு ஒளி வீசுவதற்கு ஒளிர்தல் (fluorescence) என்று பெயர். வேறு சில வகைத் திரைகளின் மேல் பட்டால் அத்திரைகள் ஒளி வீசுவதோடு, புற ஊதாக் கதிர்களை நீக்கிய பின்பும் அவை நீடித்து ஒளி வீசுவதுண்டு. இவ்வாறு ஒளி வீசுவதற்குப் பின்னும் ஒளிர்தல் (phosphorescence) என்று பெயர்.

பாதரச ஆர்க் விளக்கு வெளியிடும் ஒளியில் புற ஊதாக் கதிர்கள் நிறைந்துள்ளன. இந்தக் கதிர்கள் கண்ணாடியால் உட்கொள்ளப்பட்டு விடுகின்றன. இதன் பண்புகளை ஆராய்வதற்காகக் கண்ணாடி போலவே தோன்றும் குவார்ட்ஸ் (quartz) குமிழுக்குள்ளாக இந்த விளக்கை அமைக்கிறார்கள். குவார்ட்ஸ் இக்கதிர்களை உட்கொள்ளுவதில்லை.

உபயோகங்கள் : இக்கதிர்கள் மனித தேகத்திற்குப் பல நன்மைகளைப் பயக்கக் கூடியவையாய் அமைந்துள்ளன. சூரிய ஒளியில் இக்கதிர்கள் நிறைந்துள்ளமையால், இவை வைட்டமின் D (Vitamin D) என்ற சத்துப் பொருளை உற்பத்தி செய்து, குழந்தைகளுக்கு ரிக்கெட்ஸ் (rickets) போன்ற வியாதி வராமல் தடுக்கின்றன. தாது உப்புக்களை நம் தேகம் எளிதில் உட்கிரகிப்பதற்குச் சூரிய ஒளியிலுள்ள இக்கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. புற ஊதாக் கதிர்கள் வியாதிக் கிருமிகளை அழிக்கும் தன்மை பெற்றுள்ளன. இதன்றிப் புதிய முட்டைகளைப் பொறுக்கி எடுப்பதற்கும் இவை பயன் படுகின்றன. முட்டைகளின் மீது இக்கதிர்களை விழச் செய்தால், புதிய முட்டைகள் ரோஜா நிற ஒளியையும், பழைய முட்டைகள் நீல நிற ஒளியையும் வெளிவிடுகின்றன. இஃதன்றி, கள்ளத்தனமாக எழுத்துக்களைத் திருத்தி எழுதுவதைக்கூட இக்கதிர்களைக் கொண்டு கண்டு பிடித்து விடலாம். திருத்தப் பட்ட எழுத்துக்களின் மேல் இக்கதிர்களை விழச்செய்தால், திருத்திய எழுத்தினது மையும், முந்திய எழுத்தினது மையும் ஒரே மாதிரியாக இருப்பது அரிது. இந்த வித்தியாசத்திற்கேற்ப அவை வெவ்

வேறு நிற ஒளிக் கதிர்களை வீசுகின்றன. தப்புக் கையெழுத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் இம்முறை வெகு ஆச்சரியமாக இருக்கிறதல்லவா ?

பலவகை நிற மாலைகள் : ஒரு நிறமாலை அளவியின் பிளவிற்கு முன்னால் சோடிய விளக்கை (sodium light) ஏற்றி வைத்துத் தொலைநோக்கியின் மூலம் பார்த்தால், இரண்டு இணையான, நெருங்கிய மஞ்சள் நிற வரிகள் (lines) காணப்படுகின்றன. இதுவே ஸோடியம் என்ற மூலப் பொருளின் (element) நிறமாலையாகும். இவ்வரிகளின் அலை நீளம் 5890 A. *u*, 5896 A. *u* ஆகும். இது போன்று, ஒவ்வொரு மூலகமும் தனக்கே உரிய தனிப்பட்ட நிறமாலையை உண்டு பண்ணுகின்றது. ஆகவே, மூலகங்களை அவற்றின் நிறமாலைகளைக் கொண்டும் பாகுபடுத்தலாம். புதியதொரு பொருளில் கலந்துள்ள மூலகங்களை, நிறமாலை ஆராய்ச்சியைக்கொண்டு கண்டறியலாம். விண்மீன்கள் கொண்டுள்ள மூலகங்களையும் இந்த முறையில் கண்டுபிடித்து விடுகிறார்கள். ஹீலியம் என்ற வாயுப் பொருள் பூமியில் இருப்பதைக் கண்டு பிடிக்குமுன்னரே சூரியனிலிருப்பதாகக் கண்டுபிடித்து விட்டார்கள் என்றால் இது ஓர் அரும் பெரும் சாதனை அல்லவா?

ஒரு பொருளின் நிறமாலையை ஆராய வேண்டுமானால், அப்பொருளைச் சூடேற்றி ஊக்குவித்து ஒளிவீசச் செய்ய வேண்டும். சோடியம், பொட்டாசியம், பேரியம் போன்ற பொருள்களைச் சுலபமான வழிகளில் ஒளிரச் செய்யலாம் : நாம் சாப்பிடும் உப்பு சோடியம் குளோரைடு (sodium chloride) எனப்படுவது. இதைச் சுடர் விட்டெரியும் விளக்கின்மீது காட்டினால் ஒளியின் சுடர் மஞ்சளாகிவிடுகிறது. இவ்வொளியைக் கொண்டு நிறமாலையை உண்டாக்கலாம். இதுபோலவே, பொட்டாசியம், பேரியம் போன்ற மூலகங்களின் நிறமாலைகளையும் உண்டுபண்ணலாம். இவ்வாறு ஏற்படுத்தப்படும் நிறமாலைக்குச் சுடர் நிறமாலை (flame spectrum) என்று பெயர்.

வெவ்வேறு பொருட்களை வெவ்வேறு வழிகளில் ஒளிவீசச் செய்யும் முறைகள் பின்வரும் 'ஒளியாக்கம்' என்ற பாடத்தில் கூறப்பட்டுள்ளன. நிற மாலையில் மூன்று வகைகள்

உள்ளன. அவை, தொடர் நிறமாலை (continuous spectrum), வரி நிறமாலை (line spectrum), பட்டை நிறமாலை (band spectrum) என்பனவாம்.

தொடர் நிறமாலை : ஒரு நிறமாலை அளவியின் பிளவிற்கு முன்னுல் ஒரு கம்பியிழை விளக்கை வைத்துத் தொலைநோக்கி யின் மூலம் பார்த்தால் அவ்வொளியின் நிறமாலையைக் காணலாம். அதில் உள்ள ஏழு வர்ணங்களும் அடுத்தடுத்து, இடைவெளியின்றித் தொடர்ந்து அமைந்துள்ளன. இதுவே தொடர் நிறமாலையாகும். இதில் ஓர் ஓரத்தில் ஊதா நிறமும், மறு ஓரத்தில் சிவப்பு நிறமும் காணப்படுகின்றன. சூரிய ஒளியும் இதுபோன்ற தொடர் நிறமாலையை உண்டு பண்ணுகின்றது.

வரி நிறமாலை : கம்பியிழை விளக்கிற்குப் பதிலாக ஒரு சோடிய ஆவி விளக்கை (sodium vapour lamp) வைத்தால் இரண்டு மஞ்சள் நிறவரிகளைக் கொண்ட நிறமாலை ஏற்படு கிறது. இந்த இரண்டு வரிகளுக்கும் இடையே உள்ள இடம் இருட்டாக இருக்கும். இதுவே சோடியத்தின் வரி நிற மாலையாகும். பாதரச ஆர்க்விளக்கைக் கொண்டு அதன் நிறமாலையை ஆராய்ந்தால் அதில் பல வரிகள் தனித்தனியே பிரிந்து காணப்படும். ஒவ்வொரு வரியும் வெவ்வேறு நிறங் கொண்டதாக இருக்கும். இந்த வரி நிறமாலையின் அமைப்பு பாதரசத்திற்கே உரியது. இவ்வாருக, தனித்தனி வர்ண வரிகளாக அமைந்துள்ள நிறமாலைக்கு வரி நிறமாலை என்று பெயர். இதுபோல செம்பு, ஹீலியவாயு, ஹைடிரஜன் வாயு போன்றவை வரி நிறமாலைகளை உண்டுபண்ணுகின்றன. இவ்வித நிறமாலைகள், ஒளிவீசும் பொருட்கள் அணு நிலையில் (atomic state) இருப்பதால் ஏற்படுகின்றன.

பட்டை நிறமாலை : இந்த நிறமாலையில் பலவண்ணப் பட்டைகள் வரிசையாகக் காணப்படுகின்றன. இரண்டு பட்டைகளுக்கிடையே உள்ள இருண்ட காலியிடம், ஒன்றி லிருந்து ஒன்றைப் பிரித்துக் காட்டுகிறது. ஒவ்வொரு பட்டை யிலும் அதன் ஒரு ஓரம் தெளிவாகவும், மறு ஓரம் தெளி வின்றியும் காணப்படுகின்றன. நுட்பமான கருவிகளைக்

கொண்டு ஆராய்ந்தால் ஒவ்வொரு பட்டையும் அநேக வரிகளின் சேர்க்கை எனத் தெரியவருகிறது. பட்டையின் தெளிவான ஓரத்தில் தெளிவான வரிகள் நெருக்கமாக அமைந்துள்ளன. ஆனால் மறு ஓரத்தில் தெளிவு குன்றிய வரிகள் பரவலாக அமைந்துள்ளன. இவ்விதப் பட்டை நிறமாலை மூலக்கூறு நிலையில் (molecular state) உள்ள பொருட்கள் வீசும் ஒளியால் உண்டாகின்றன.

உட்கவர் நிறமாலை (absorption spectrum): வெண்ணிற ஒளி ஏழு வர்ண ஒளிக்கதிர்களின் சேர்க்கை என்று நாம் அறிவோம். இதுபோல பாதரசவிளக்கில் இருந்து வெளிவரும் ஒளியும் சேர்க்கை ஒளியே. சேர்க்கை ஒளி (composite light) ஒரு பொருளின் மூலம் பாயும்போது அப்பொருளால் ஓரளவு உட்கவரப் (absorb) படுகிறது. சில பொருட்கள் ஒளியிலிருந்து குறிப்பிட்ட அலை நீளம் கொண்ட ஒளிக் கதிர்களை மட்டும் உட்கவர்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, வெண்ணிற ஒளி, பொட்டாசியம் டைகுரோமேட்டு (potassium dichromate) கலவையின் மூலமாகப் பாய்ந்து சென்றால் அக் கலவை வெண்ணிற ஒளியிலிருந்து மஞ்சள் நிற ஒளியை விழுங்கி விடுகிறது.

உட்கவர்தலால் ஒரு நிறமாலையில் ஏற்படும் மாறுதலைக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனை மூலம் விளக்கலாம். ஒரு நிறமாலை அளவியின் பிளவிற்கு முன்னால் ஒரு கரி ஆர்க் விளக்கை (carbon arc lamp) வைத்தால், தொலைநோக்கியின் மூலம் தொடர் நிறமாலையைக் காணலாம். இப்போது ஒரு சோடிய ஆவி விளக்கை, ஆர்க்விளக்கிற்கும் பிளவிற்கும் இடையில் கொண்டு வந்து வை. தொடர் நிறமாலையின் மஞ்சள் நிறப் பகுதியில் இரண்டு கரியவரிகளைக் காணலாம்.

இப்போது ஆர்க் விளக்கை மட்டும் நீக்கிவிட்டால், சோடிய ஆவி விளக்கு மட்டும் பிளவை ஒளிபெறச் செய்யும். எந்த இடத்தில் இரண்டு கரிய வரிகள் முன்பு காணப் பட்டனவோ அதே இடத்தில் கரிய வரிகளுக்குப் பதிலாக மஞ்சள் நிற வரிகள் தோன்றுகின்றன. இந்த இரண்டு மஞ்சள் நிறவரிகளும் சோடியத்தின் நிறமாலை என்று உங்

களுக்கு ஞாபகம் இருக்கும். இந்த வரிகளின் அலை நீளங்கள் 5890 A.*u*., 5896 A.*u*., என்பதையும் நீங்கள் அறிவீர்கள். இதிலிருந்து, இரண்டு அலை நீளங்களைக் கொண்ட வர்ண வரிகளை வெளிவிடக்கூடிய சோடியம், வெண்ணிற ஒளியி லிருந்து அதே அலைநீளங்கள் கொண்ட ஒளியை விழுங்கி விடுகிறது. தொடர் நிறமாலையில் இரண்டு கரியவரிகள் இருப்பதிலிருந்து வெண்ணிற ஒளி சோடியத்தின் வழியே பாய்கிறது என்று தெரிந்துகொள்கிறோம். இவ்வாறு கரிய வரிகளையுடைய நிறமாலைக்கு உட்கவர் நிறமாலை (absorption spectrum) என்று பெயர்.

சூரிய நிறமாலை (Solar spectrum): ஒரு நிறமாலை அளவியின் பிளவைச் சூரிய ஒளிகொண்டு ஒளி பெறச் செய்தால், தொலைநோக்கியில் தொடர் நிறமாலை ஏற்படு கிறது. இந்த நிறமாலையில் அநேக செங்குத்தான வரி களைக் காணலாம். இவைகளை முதன்முதலில் ஆராய்ந்தவர் வோலாஸ்டன் (Wollaston) என்ற விஞ்ஞானியாவர். இவ் வரிகளை வகைப்படுத்தித் திட்டமிட்டவர் ஃபிரான் ஹோபர் (Fraunhofer) என்ற விஞ்ஞானியே. இவர் 576 வரிகளை ஆராய்ந்து அவற்றில் சிலவற்றை A, B, C, D_1, D_2, E, b_1, b_2, b_4, F, G, எனக் குறிப்பிட்டார். இவ்வரிகள் ஃபிரான் ஹோபர் வரிகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்வரிகள் யாவும் உட்கவர்தல் நடைபெறுவதாலேயே நிறமாலையில் தோன்றுகின்றன என்று அவர் விளக்கினார்.

இந்த உட்கவர் நிறமாலை வரிகள் சூரியனைப் பற்றிச் சிறந்த ஓர் உண்மையை எடுத்துக் காட்டுகின்றன. நம் பூமி யைச் சுற்றிக் காற்று மண்டலம் சூழ்ந்திருப்பது போல, சூரியனைச் சுற்றியும் ஒரு வாயுமண்டலம் இருக்கிறது. இந்த வாயு மண்டலத்திற்கு வண்ணக் கவசம் (chromosphere) என்று பெயர். சூரியனின் வெண்ணிற ஒளி இந்த வாயுக்கவசத்தி னூடே பாய்ந்து வெளிவருகிறது. அப்போது அதிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலகமும் அதனதன் நிறமாலை வரிகளுக்குச் சமமான ஒளிக்கதிர்களை வெண்ணிற ஒளியிலிருந்து விழுங்கி விடுகின்றது. இவ்வாறாக விழுங்கப்படுவதாலேயே தொடர்

நிறமாலையில் கரியவரிகள் காணப்படுகின்றன. இக்கரிய வரிகளை ஆராய்ந்து சூரியனில் எந்தெந்த மூலகங்கள் உள்ளன எனத் தெரிந்துகொள்ளலாம். இதுவரை பூமியிலுள்ள 92 மூலகங்களில் 72 மூலகங்கள் சூரியனில் உள்ளன என்று கண்டறிந்துள்ளார்கள்.

8. ஒளியாக்கம்

ஒளியும் வெப்பமும் தீயிலிருந்து கிடைக்கின்றன. தீயிலிருந்து மட்டுமின்றி வேறு பல வழிகளிலும் ஒளியை உண்டாக்கலாம். ஒளி உண்டாகும் எல்லாச் சாதனங்களிலும் வெப்பமும் கூடவே உண்டாகி விடுகிறது. வெப்பமின்றி ஒளியை மட்டும் பெறுவதுதான் நவீன காலத்தின் முயற்சியாக இருந்து வந்தது. இம்முயற்சியின் விளைவாகவே புதுப்புது விளக்குகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன.

செயற்கை விளக்கு (Artificial light) : நம் கண்களுக்குப் பகல் ஒளியே எல்லாவற்றையும் விடச் சிறந்தது. இதனுலேயே, இராக்காலங்களில் பகல் போன்ற ஒளியை உண்டாக்கும் முயற்சிகளில் விஞ்ஞானிகள் கவனம் செலுத்திவந்தார்கள். நவீனக் குழாய் விளக்குகள் இம்முயற்சிகளால் கண்ட வெற்றியாகும். பல ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாகத் தற்காலக் குழாய் விளக்குகள் குறைந்த செலவில் பகல் ஒளியைப் போன்று ஒளியைத் தருகின்றன.

ஒளியாக்கத் (illumination) துறையில் மனிதன் முதன் முதலாக எண்ணெய் விளக்குகளையே உபயோகிக்க ஆரம்பித்தான். தாவர எண்ணெய், கொழுப்பை எரிப்பதால் உண்டாகும் நெய் இவற்றை உபயோகித்து விளக் கேற்றினுன். இதற்குப் பின் சில வாயுக்களைக் கொண்டு விளக்கை அமைத்துக் கொண்டான். மின்சாரம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபின், மின்சார விளக்குகளே முதன்மையாக விளங்குகின்றன.

கம்பி இழை விளக்குகள் (filament lamps) : 1879-ம் ஆண்டில் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் (Thomas Alva Edison) கம்பி இழை விளக்கை அமைத்தார். அதிக மின்தடையும், உயர்ந்த உருகுநிலையும் கொண்ட ஒரு கம்பியின் மூலம் மின்னேட்டத்தைப் பாய்ச்சினுல் அது வெண்சுடர் வீசுகிறது. இத்தன்மை பொருளின் உருகு நிலையைப் பொறுத்ததாகும்.

எடிசன் முதன் முதலாக அமைத்த விளக்கில் பிளாட்டின இழையை உபயோகித்தார். கம்பி எரிந்து சாம்பலாகிவிடாத படி விளக்கிலிருந்து காற்று அறவே நீக்கப்பட்டிருந்தது. பிளாட்டினத்தைக் கொண்ட இவ்விளக்குகள் விலை உயர்ந்த வையாக இருந்ததால் மக்கள் இவ்விளக்குகளை ஆதரிக்க வில்லை. இதனால் பிளாட்டினத்திற்குப் பதிலாக, மலிவான கம்பியிழைகளை உபயோகிப்பதில் விஞ்ஞானிகள் கவனம் செலுத்தினர்கள். கரியிழைகளை ரசாயன முறையில் தயாரித்து மின்சார விளக்கை அமைத்தார்கள். கரியிழையில் மின்சாரம் பாயும்போது, கரி சிறிது சிறிதாக ஆவியாக மாறி விளக்குக் குமிழின் உட்புறம் படிந்து விடுகிறது. இவ்வாறு கரி படிந்து விடுவதால் விளக்கின் பிரகாசம் மங்கி விடுகிறது. இவ்விளக் கில் 4 வாட் (watt) மின்சாரம் பாய்ந்தால் ஒரு மெழுகுவத்தி யின் ஒளியை வெளிவிடுகிறது. இதனல் இதன் பயனுறு திறன் (efficiency) 4 வாட்டுக்கு ஒரு மெழுகுவர்த்தி ஒளி என்று சொல்லுகிருேம். இதில் மின்சாரச் செலவு அதிகம். இதைவிடச் சிறந்த விளக்குகளை அமைக்க முற்பட்டார்கள். கரியிழைக்குப் பதிலாக வேறு கம்பியிழைகளை உபயோகிப்பதில் கவனம் செலுத்தினர்கள். டாண்டலம், ஆஸ்மியம் என்ற உலோகங்களை ஆராய்ந்து கடைசியாக டங்ஸ்டன் கம்பியிழை களே சிறந்தவையென அறிந்தார்கள். இன்று நம் வீடுகளி லும், கடைகளிலும், தொழிற்சாலைகளிலும், அலுவலகங்களிலும் எரிந்து கொண்டிருக்கும் விளக்குகள் டங்ஸ்டன் விளக்குகளே. இதன் பயனுறுதிறன் 1·5 வாட்டுக்கு ஒரு மெழுகுவத்தி ஒளி. இதில் மின்சாரச் செலவு மிகச் சொற்பமே.

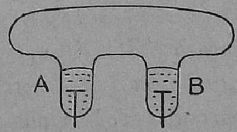
இந்த விளக்கிலும் மின்சாரம் பாயும் போது கம்பியிழை சிறிது சிறிதாக ஆவியாகிறது. இதைத்தடுப்பதற்கு ஆர்கான், நைட்ரஜன் போன்ற மந்த வாயுக்களைக் குமிழுக்குள் நிரப்பு கிருர்கள். இவ்விதமாக வாயு நிரப்பப்பட்ட மின்சார விளக்கு களின் பயனுறு திறன் 0·5 வாட்டுக்கு ஒரு மெழுகுவத்தி ஒளி. இவ்விளக்குகளையே அரைவாட்டு (half-watt) விளக்குகள் என்கிருேம்.

ஆர்க் விளக்குகள்: ஆர்க் விளக்குகளைக் கொண்டு திறன் மிக்க ஒளியைப் பெறலாம். இரு கரித் துண்டுகளுக்

கிடையே மின்சாரத்தைச் செலுத்தினல் அவைகளுக்கிடையே பேரொளி உண்டாகிறது. இத்துண்டுகள் சுமார் 60 வோல்ட் மின்னழுத்தமுள்ள (voltage) மின் கல அடுக்குடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இவற்றின் இரு முனைகளையும் ஒன்றேடொன்று தொடுமாறு வைத்தால் அவைகளின் மூலம் மின்சாரம் பாயும். பின்பு முனைகளைச் சற்று விலக்கினல் தூண்டு மின்சாரத்தின் (induced current) விளைவாக இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள காற்றின் மூலம் மின்சாரம் தாவிப் பாய்கிறது. இதனல் கரி சிறிது ஆவியாக மாறுகிறது. இவ்வாறு இருமுனைகளையும் இரண்டு மூன்று தடவைகள் தொட்டு நீக்கினல் இருமுனைகளுக் கிடையே நிறைந்துள்ள கரியாவியின் மூலம் மின்னேட்டம் தொடர்ந்து பாயும் இந்த மின்னேட்டம் திறன் மிக்க ஒளியை வெளியிடுகிறது. இவ்வொளி தூய வெண்மையாக இருக்கும். இவ்வொளியைக் கொண்டே திரைப்படக் காட்சியில் படங் களைக் கொண்ட நாடாவை ஒளிபெறச் செய்கிருர்கள்.

செப்புக் கம்பிகளைக் கொண்டு இதுபோன்று ஆர்க் விளக்கை அமைத்தால், அது பச்சை ஒளியை வீசும். இவ்வித ஆர்க் விளக்குகளை மாறு மின்சாரம் (alternating current) கொண்டும் இயக்கலாம்.

பாதரச ஆர்க் விளக்கு (Mercury arc lamp) : படம் 26ல் குறிப்பிட்டவாறு ஒரு கண்ணுடிக் குழாயிலுள்ள A, B என்ற இரு குழிகளில் பாதரசம் ஊற்றப்பட் டிருக்கிறது. கண்ணுடியில் இரு உலோகக் கம்பிகள் பொருத்தப்பட்டு பாதரசத்தினுள் செருகப்பட்டுள்ளன. இவைகளே மின்முனைகள் (electrodes) ஆகும். மின் முனைகள் சுமார் 110 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொண்ட ஒரு மின்கல அடுக்குடன் இணைக்கப்பட்டுள் ளன. மின்சார இணைப்பை ஏற்படுத்தி, பாதரசம் தொடர்ச் சியாக ஏற்படுமாறு குழாயைச் சாய்க்கவேண்டும். அப்போது பாதரசத்தில் மின்சாரம் பாயும். பின்பு குழாயை முன்போல் நிறுத்தினல், பாதரசத்தின் தொடர்ச்சி அறுபடுகிறது. உடனே

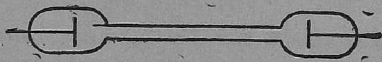


படம் 26
பாதரச ஆர்க் விளக்கு

தூண்டு மின்சாரத்தால் அறுபட்ட பாதரசத்தினிடையே காற்றின் மூலம் மின்சாரம் தாவிப்பாய்கிறது. இதனுல் பாதரசம் வெப்பமடைந்து ஓரளவு ஆவியாக மாறுகிறது. இவ்வாருகக் குழாயை இரண்டு மூன்று தடவைகள் சாய்த்து நிறுத்தினுல் குழாய் பூராவும் பாதரச ஆவியால் நிரப்பப்படும். மின்சாரம் இப்பாதரச ஆவியின் மூலம் பாய்ந்து செல்வதால், கண்ணைக் கவரும் ஒளியை உண்டாக்குகின்றது. இதன் ஒளி, நீலம் கலந்த பசுமை நிறம் கொண்டது. இதுவே பாதரச ஆர்க் விளக்காகும். இதன் ஒளியில் மிகக் குறைவான வெப்பமே உண்டாகிறது. இந்த விளக்கு, தொலைக்காட்சி (television) நடிகர்களை ஒளிபெறச் செய்யப் பயன்படுகிறது.

பாதரச ஆர்க் விளக்குகள் வீடுகளிலும், தெருக்களிலும், அலுவலகங்களிலும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

மின் அருவி விளக்கு (discharge lamps) : வெகுவாகக் காற்று நீக்கப்பட்ட கண்ணுடிக் குழாயின் மூலம் மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினுல், அக்குழாய் ஒளியைச் சிந்துகிறது. இதை 1710-ம் ஆண்டு ஹாக்ஸ்பீ (Hawksbee) என்பவர் செய்து காண்பித்தார். இதுவே பிற்காலத்தில் மின்னருவி விளக்கு

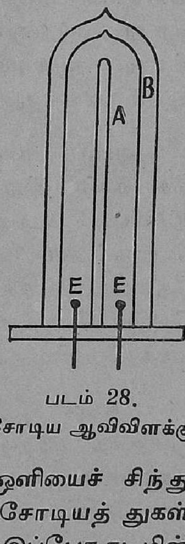


படம் 27. மின் னருவி விளக்கு

களைக் கண்டுபிடிக்க ஒரு தூண்டுதலா யிருந்தது, ஆர்கான், நியான் போன்ற அசாதாரண மந்த வாயுக்கள் நிரப்பிய குழாய்களைக் கொண்டு மிக அழகிய ஒளிகளைப் பெறலாம். இவ்வொளியின் நிறமும் திறனும், குழாயில் நிரப்பப் பட்டிருக்கும் வாயுவையும் அதன் அடர்த்தியையும் பொறுத்தது. உதாரணமாக நியான் வாயு சிவப்புக்கலந்த ஆரஞ்சு நிறத்தையும், பாதரசம் நீல நிறத்தையும், ஆர்கான் அடர் நீல நிறத்தையும் உடைய ஒளியைத் தருகின்றன. நியான் மின்னருவி விளக்கு, ஒரு கண்ணுடிக் குழாயிலுள்ள காற்றைப் பூராவும் நீக்கி அதில் 1 அல்லது 2 மில்லி மீட்டர் பாதரச அமுக்கமுள்ள நியான் வாயுவை நிரப்பித் தயாரிக்கப்படுகிறது. அதன் இரு ஓரங்

களில் இரண்டு உலோக மின்முனைகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இதன் ஒளி திறன் மிகுந்திருப்பதோடு அதன் சிவந்த ஒளி வெகு தொலைவிலும் காணக் கூடியதாக இருப்பதால், நியான் விளக்குகள் விமான நிலையங்களின் எல்லைகளைக் குறிப்பதற்கும், அபாய அறிவிப்புகளுக்கும், விளம்பரங்களுக்கும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

சோடிய ஆவி விளக்கு (sodium vapour lamp) : இது ஒரு கண்ணாடிக் குழாயினால் ஆகியது. இதன் உட்பரப்பில் சோடியத் துகள்கள் தூவப்பட்டுள்ளன. படத்தில் காட்டியிருப்பது போல், இதனுள் பேரியம் ஆக்ஸைடு பூசப்பட்ட E, E என்ற இரு மின்முனைகள் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. இக் குழாயினுள் நியான் வாயு மிகக் குறைந்த அழுத்தத்தில் அடைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் வெளிப்புறம் B என்ற இரட்டைச் சுவராலானது. இது விளக்கிலிருந்து வெளி வரும் வெப்ப வீச்சைத் (radiation) தடுக்கிறது. இவ்விளக்கு நம் வீடுகளிலுள்ள சாதாரணமான 230 வோல்ட் மாறு மின்சாரத்தினால் இயக்கப்படுகிறது. இக் குழாயுடன் மின்சார இணைப்பை ஏற்படுத்தியவுடன் முதன் முதலில் மின்சாரம் நியான் வாயுவின் மூலம் பாய்கிறது. இதனால் குழாய் சிவப்பு ஒளியைச் சிந்துகிறது. இம் மின்சாரத்தால் வெப்பமடைந்த சோடியத் துகள்கள் ஆவியாகிக் குழாயை நிரப்புகின்றன. இப்போது மின்சாரம் சோடிய வாயுவின் மூலம் எளிதாகப் பாய்கிறது. எனவே விளக்கு அடர்த்தியான மஞ்சள் ஒளியை வெளிவிடுகிறது. நியான் இவ்விளக்கின் தொடக்கப் பொருளே (starting material) என்று அறியப்படுகிறது.



படம் 28.
சோடிய ஆவிவிளக்கு

இவ்விளக்கின் ஒளி 5890, 5896, ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுகளை அலை நீளமாகக் கொண்ட இரு மஞ்சள் நிறமாலை வரிகளைக் கொண்டது. இவ்வொளி நிறமாலை ஆய்வுக்குப் பெரிதும்

பயன்படுகிறது. இவ்விளக்குகள் அலங்கார விளக்குகளாகவும் பயன்படுகின்றன. இவ்வொளியைக் கொண்டு கற்பலகைக் கற்களிலிருந்து நல்ல நிலக்கரியை எளிதாகப் பிரித்து எடுக்கிருர்கள்.

பாதரச ஆவி விளக்கு (mercury vapour lamp) : இதுவும் சோடிய ஆவி விளக்கைப் போன்றதே; ஆனல் சோடிய ஆவி விளக்கில் உள்ளது போல் காற்றழுத்தம் அவ்வளவு குறைவாக இருக்க வேண்டியதில்லே. இதில் ஆர்கான் தொடக்கப் பொருளாக உபயோகிக்கப்படுகிறது. இவ் விளக்கை ஏற்றியவுடன், ஆர்கான் வழியாக மின்சாரம் பாய்கிறது. அதனுல் வெப்ப நிலே உயர்ந்து, பாதரசம் ஆவியாகிறது. குழாயை ஆவி நிரப்பியதும், மின்சாரம் பாதரச ஆவி மூலம் பாய்ந்து, அடர்ந்த நீல நிற ஒளியை வெளிவிடுகிறது.

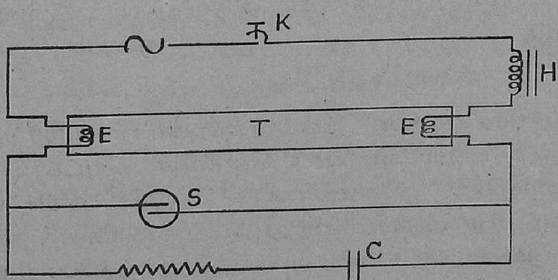
ஒளிப் பொலிவு (photo-luminiscence) : சாதாரணச் செயற்கை விளக்குகளில் ஒரு பொருளே, உயர்ந்த வெப்ப நிலேக்கு உயர்த்துவதாலேயே அது ஒளி வீசுகிறது. பொருள்கள் ஒளி வீசும் நிலேக்கு வெப்பமடைவதற்குத் தேவையான சக்தியில் பெரும் பகுதி வெப்பம் உண்டாவதிலேயே வீணுகி விடுகிறது. சக்தியின் ஒரு சிறு பகுதியே ஒளியாக வெளிவருகிறது. இது சிக்கன முறையன்று.

ஆனல் புதிய ஒரு முறையில் மின்சார சக்தி நேரிடையாக ஒளியாக மாற்றப்படுகிறது. இப்புது முறையில் நம் கண்களுக்குப் புலப்படாத புற ஊதாக்கதிர்களே, துத்த நாக சல்பேட்டு (zinc sulphate) போன்ற பொருட்களின்மீது படும்படி செய்தால், அவை புலப்படும் ஒளியை வெளிவிடுகின்றன. இவ்வொளியாக்கத்திற்கு 'ஒளிப் பொலிவு' அல்லது ஒளிர்வு (fluorescene) என்று பெயர். இந்நாட்களில் பயன்படும் ஒளிர் விளக்குகளான குழாய் விளக்குகளில் இம்முறையிலேயே ஒளியாக்கம் நடைபெறுகிறது.

ஒளிர் விளக்குகள் (fluorescent lamps): இது ஏறக்குறைய ஒரு அங்குல விட்டமுள்ள கண்ணுடிக் குழாயாலாகியது. இது பல நீளங்களில் கிடைக்கும். இதிலுள்ள காற்று பூராவும்

நீக்கப்பட்டு இதனுள் ஒரு சிறிது பாதரசம் ஊற்றப்பட்டிருக் கிறது. இதனுள் மின்சாரம் பாயும்போது, இப்பாதரச ஆவி நீலநிறக் கதிர்களையும், புற ஊதாக்கதிர்களையும் வெளிவிடு கிறது. புற ஊதாக்கதிர்கள் கண்ணுக்குத் தீங்கை விளை விக்கக்கூடியவை. குழாயின் உட்பாகத்தில் கால்சியம் ஹாலோ பாஸ்பேட்டு (calciume halo-phosphate), கால்சியம் டங் ஸ்டேட், (calciume tungstate) போன்ற ஒளிர்பொருட்கள் பூசப்பட்டுள்ளன. இவை அலைநீளம் குறைந்த புற ஊதாக் கதிர்களைக் கிரகித்து, அவற்றை அலைநீளம் கூடிய கண்ணுக் குப் புலப்படும் கதிர்களாக வெளிவிடுகின்றன. இவ்வாறு உண்டாகும் கதிர்களின் நிறம் குழாயில், பூசப்பட்டிருக்கும் ஒளிர் பொருட்களைப் (fluorescent materials) பொறுத்தது. இப்பொருட்களைத்தக்க முறையில் கலந்து உபயோகித்து ஏறக்குறைய இயற்கை ஒளியைப் போன்ற ஒளியைப் பெறலாம், இந்த விளக்கு இயல்பிலே பாதரச விளக்கைப் போன்றதே. இவ்விளக்கில் தீங்கு விளைவிக்கக்கூடிய புற ஊதாக்கதிர்கள் ஒளிர்பொருட்களால் சாதாரண ஒளிக்கதிர்களாக மாற்றப் படுகின்றன. இதனால் விளக்கு வெளிவிடும் ஒளியின் அளவு அதிகரிக்கிறது. இந்த விளக்கில் ஆர்கான் தொடக்கப் பொருளாக உபயோகிக்கப்படுகிறது.

இணைப்புப் படம் (circuit diagram) : குழாயினுள் இரு ஓரங்களிலும் E, E என்ற இரு டங்ஸ்டன் முனைகள் பொருத்



படம் 29. ஒளிர் விளக்கு

தப்பட்டிருக்கின்றன. H என்ற ஒரு அடைப்பி (choke) குழா

*

யுடன் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மின்னோட்டத்தை விளக்கு எரிவதற்கு வேண்டிய அளவிற்குச் சீராக்குகிறது. C என்பது ஒரு மின்னேற்பி (condenser) இது அலைவெண் உயர்ந்த மின் அலைகளைத் தன்னுட் கிரகித்து, அவை குழாய்க்குள் செல்லாதபடி தடுத்துவிடுகிறது. S என்பது குழாயுடன் இணையாக (parallel) இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தொடக்கி (starter) ஆகும். இதில் இரு உலோகத் தகடுகள் படம் 29-ல் காட்டியபடி நெருக்கமாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. K என்ற பித்தானை அழுத்தும்போது இத்தகடுகளுக்கிடையே ஒரு மின் அழுத்தம் உண்டாகிறது. அதனால் தகடுகள் வெப்பமடைகின்றன. வெப்பத்தால் விரிவடையும் தகடுகள் ஒன்றையொன்று தொடுகின்றன. அப்போது குழாயிலுள்ள டங்ஸ்டன் முனைகள் சூடேறி, எலெக்ட்ரான்களை வெளியிட்டு, பாதரச ஆவியின் மூலம் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இதற்குள் தொடக்கியின் இரு தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள மின் அழுத்தம் நீங்கி, அவற்றின் வெப்பநிலை குறைவதால், அவை பிரிந்துவிடுகின்றன. ஆனால் குழாயில் மின்னோட்டம் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. இவ்விளக்கு 230 வோட் மாறு மின்சாரத்தில் எரியக்கூடியது.

தொடக்கிக்குப் பதிலாக ஒரு தள்ளு பித்தானை (push button) உபயோகிக்கலாம். பித்தான் அழுத்தப்படும்போது, இணைப்பு பூர்த்தியாக்கப்பட்டு, மின் முனைகள் மூலம் மின்சாரம் பாய்கிறது. பித்தானை விடுவித்தால், இவ்விணைப்பு நீங்குகிறது. ஆனால் குழாயில் மின்னோட்டம் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது.

இவ்விளக்குகளின் ஆயுட்காலம் சுமார் 5000 மணிகள். ஆனால் ஒரு டங்ஸ்டன் கம்பி விளக்கின் ஆயுட்காலம் சுமார் 1000 மணிகளே. ஒரே மின்சாரச் செலவில் ஒளிர் விளக்கு, கம்பியிழை விளக்கைவிட ஐந்து மடங்கு ஒளியைத் தருகிறது. ஒளிர் விளக்கு அதிக விலையுள்ளதா யிருந்தபோதிலும் உபயோகத்தில் மிகச் சிக்கனமானது. இதன் ஒளி கண்ணுக்குக் கெடுதல் விளைவிப்பதில்லை. இன்று நம் நகரங்களை ஒளிரச் செய்து அலங்கரிக்கும் விளக்குகள் இவைகளே.

9. அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், மின்காந்தம்

இந் நாட்களில் நாம் உபயோகிக்கும் பல கருவிகள் மின் சாரத்தால் இயங்குகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். மின் விளக்குகள் ஒளி தருவதும், மின் விசிறிகள் சுழல்வதும், தந்திகள் மூலம் செய்திகள் அனுப்புவதும், தொலைபேசி (telephone) மூலம் தொலைவில் உள்ளவர்களோடு உரையாடு வதும், தூரத்திலுள்ள ஒருவரைத் தொலைக் காட்சி (television) மூலம் நேரடியாகப் பார்ப்பது போல் திரையில் பார்த்துக் கொண்டே அவர் பாடுவதை வானொலி மூலம் கேட்டு மகிழ்வதும், மின்சாரம் இல்லாவிட்டால் நடைபெறுமா என்று எண்ணிப் பாருங்கள். மின்சார உற்பத்தி நிலையத்தி லிருந்து வீடுகளுக்கும், தெருக்களுக்கும், தொழிற்சாலை களுக்கும், அலுவலகங்களுக்கும், ஆய்வுக் கூடங்களுக்கும் மின்சாரம் கொண்டு வரப்படுகிறது. இன்று நம் வாழ்க்கை யோடு பின்னிப் பிணைந்து கிடக்கும் மின்சாரம் எப்படி உண் டாக்கப் படுகின்றது, அதன் பண்புகள் யாவை என்பது பற்றிச் சிறிது ஆராய்வோம்.

மின்னோட்டமும், ஆம்ப்பியரும்: ஆய்வுக் கூடங்களில் மின்சாரத்தை உண்டாக்கும் சாதனங்கள் யாவும் வோல்ட்டா என்பவர் முதன் முதலாக அமைத்த வோல்ட்டா மின் கலத்தை (voltaic cell) அடிப்படையாகக் கொண்டவை. ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் நீர்த்த கந்தக அமிலத்தை (dilute sulphuric acid) எடுத்து, அத்திரவத்தில் ஒரு துத்த நாகக் (zinc) கம்பியையும், ஒரு செப்புத் தகட்டையும் ஒன்றோ டொன்று தொடாமல் அமிழ்ந்து இருக்குமாறு அமைத்தால், அதுவே வோல்ட்டா மின்கலம் ஆகும்.

இவ்விரண்டு உலோகங்களும் மின் கலத்தின் மின் முனைகள் (poles) ஆகும். இரு முனைகளையும் ஒரு அம்மீட்ட ருடன் (ammeter) இணைப்புக் கம்பிகளால் பொருத்தினால் அம்மீட்டரின் முள் நகர்வதைக் காணலாம். இதிலிருந்து அம்

மீட்டர் மூலமும், இணைப்பின் வழியாகவும் மின்சாரம் பாய்கிற தென அறிகிறோம். மின்னோட்டம் ஆம்ப்பியர் (ampere)என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

மின் அழுத்தமும், வோல்ட்டும் : ஒரு கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டத்தை, ஒரு குழாயின் மூலம் பாயும் தண்ணீர் அல்லது உயர்ந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள பிறிதொரு பொருளுக்குப் பாயும் வெப்பம் இவைகளுக்கு ஒப்பிடலாம். மின்னழுத்தம் (voltage) உயர்ந்த இடத்திலிருந்து மின்னழுத்தம் தாழ்ந்த இடத்திற்கு மின்சாரம் பாய்கிறது. மின்சார இணைப்பில் இரண்டு புள்ளிகள் ஒரே மின்னழுத்தம் கொண்டிருந்தால் அவற்றில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு மின்சாரம் பாயாது. ஆகவே, மின்னோட்டத்திற்கு இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential difference) இன்றியமையாதது.

ஒரு மின் கலத்தின் இரு முனைகளிலும் உள்ள மின்னழுத்தம் ஒரே அளவாக இருப்பதில்லை. ஒன்றில் உயர்ந்தும் மற்றொன்றில் தாழ்ந்தும் இருக்கும். இதனாலேயே அம்முனைகளை ஒரு கம்பியால் இணைத்தால் கம்பியின் வழியே மின்சாரம் பாய்கின்றது. மின் முனைகள் இணைக்கப் படாமலிருக்கும்போது அவற்றிலுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு மின் இயக்கு விசை (electro-motive-force-E.M F.) என்று பெயர். மின்னழுத்தமும் மின் இயக்கு விசையும் வோல்ட் என்ற அலகினால் அளக்கப் படுகின்றன.

ஓம் விதியும், மின் தடையும் : ஒரு கம்பியின் மூலம் மின்சாரம் பாயும்போது, கம்பி மின்சாரத்தை எதிர்த்து ஒரு தடை (resistance)யை உண்டுபண்ணுகிறது. இந்தத் தடையைச் சமாளித்தே மின்சாரம் பாய்கின்றது. ஒரு சாலையில் ஓடும் மோட்டார் வண்டி, சக்கரத்திற்கும் சாலைக்கும் இடையே உண்டாகும் உராய்வு (friction) என்ற தடையை எதிர்த்துச் செல்லுகிறது. சாலை கரடு முரடாக இருந்தால் அதிக வேகம் எடுக்காது. உராய்வு குறைவாகவுள்ள சிமெண்ட் சாலைகளில் வேகமாக ஓடும். இது போலவே மின்சாரமும் கம்பியின் தடையை எதிர்த்துப் பாய்கிறது.

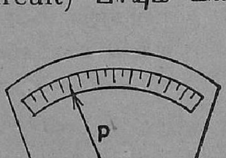
ஓம் (G.S. Ohm) என்பவர், 1827-ஆம் ஆண்டு, ஒரு மின் கடத்தியின் (conductor) மூலம் பாயும் மின்னோட்டத் திற்கும், அக் கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே ஏற்படும் மின் னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பை விளக்கினார். வெப்பநிலை மாருது உள்ள ஒரு கடத்தியின் மூலம் பாயும் மின் னோட்டத்தின் அளவு அக்கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கு மிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறு பாட்டுடன் நேர்விகிதப் பொருத்த முடையது. இதுவே ஓம் விதி எனப்படும்.

ஒரு கடத்தியின் நுனிகளிலுள்ள மின்னழுத்த வேறு பாட்டை E எனவும், கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தை C எனவும் குறிப்பிட்டால்,

$$E \propto C$$
$$\therefore \quad E = RC$$

இதில் R, என்பது மாருத எண். இதுவே கடத்தியின் மின் தடை ஆகும். இது ஓம் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது. தடித்த கம்பிக்குத் தடை குறைவு; மெல்லிய கம்பிக்கு தடை அதிகம்.

அம்மீட்டர் (Ammeter) : ஒரு மின் சுற்றில் (electrical circuit) பாயும் மின்னோட்டம் அம்மீட்டர் என்ற கருவியால் அளக்கப்படுகிறது என்று பார்த் தோம். 1888-ஆம் ஆண்டு டாக்டர் வெஸ்டன் (Dr. Weston) என்பவர் ஒருவகை அம்மீட்டரை அமைத்தார். அதில் C என்ற காப்பிடப்பட்ட (insulated) ஒரு கம்பிச்சுருள் N, S என்ற இரு காந்த முனைகளுக்கு மிடையே பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இந்தக் காந்தம் வட்டவடிவமாக அமைந்துள்ளது. கம்பிச்சுருள் தக்க விதமாக நிறுத்தப்பட்டு, ஒரு அச்சின்மேல் உராய்வின்றிச் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. மேலும் இக்கம்பிச் சுருள் ஒரு சுருள் வில்லுடன் (spiral spring) இணைக்கப்பட்

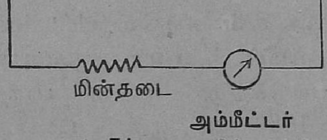


படம் 30. அம்மீட்டர்

டிருக்கிறது. சுருள் கம்பியுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு முள்ளின் (pointer) நுனி ஒரு அளவுகோலின்மேல் நிற்கிறது. இந்த அளவுகோல் ஆம்ப்பியர் (ampere) என்ற அளவில் வரையறுக்கப்பட்டிருக்கிறது. சுருள் கம்பியின் இரு நுனிகளும் T_1 T_2 என்ற இரு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

இந்த முனைகளின் வழியாக மின்சாரத்தைப் பாயச் செய்தால் கம்பியின் மூலம் மின்னோட்டம் பாயும். கம்பியில் மின்னோட்டம் பாய்வதால் இடதுகைப் பெருவிரல் விதிப்படி (left hand thumb rule) சுருள் கம்பி ஓரளவு சுழல்கிறது. இதனால் முள்ளின் முனை அளவுகோலின்மேல் சிறிது நகருகிறது. இதிலிருந்து, பாயும் மின்னோட்டத்தை அறிந்து கொள்ளலாம்.

அம்மீட்டரின் தடை குறைவாக இருக்குமாறு அதன் சுருள் கம்பி, தடித்த கம்பியால் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு மின் சுற்றில் பாயும் மின்சாரத்தை அளப்பதற்கு அம்மீட்டரை படம் 31-ல் காட்டியபடி மின் சுற்றுடன் வரிசையாக இணைக்க வேண்டும். அம்மீட்டரை இவ்வாறு இணைப்பதால் மின்னோட்டத்தில் எவ்வித மாறுதலும் ஏற்படாது. அம்மீட்டரில் உள்ள முள்ளின் நுனி காட்டும் அளவே அச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் ஆகும். மின்னோட்டம் இத்தனை ஆம்ப்பியர் என அளக்கப் படுகிறது.



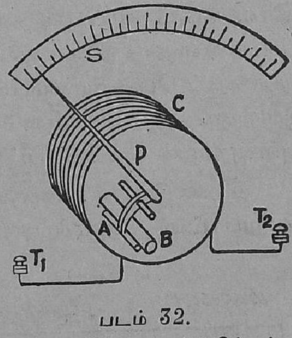
படம் 31. ஒரு மின் சுற்றில் அம்மீட்டரை இணைக்கும் விதம்

இந்த அம்மீட்டரைக் கொண்டு ஒரே முகமாகச் செல்லும் நேர் மின்சாரத்தை (direct current) அளக்கலாம். ஆனால், திசை மாறி மாறிப் பாயும் மாறு மின்சாரத்தை (alternating current) அளக்கமுடியாது. ஏனெனில், ஒரு திசையில் பாயும் மின்னோட்டத்தில் முள் நகர்வதற்குள்ளாக எதிரான திசையில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த எதிர்த்திசை மின்னோட்டத்தால்

முள் எதிர்ப்புறம் நகர்வதற்குள்ளாக நேரான மின்னேட்டம் பாய்கிறது. இவ்வாறு மின்னேட்டம் திசையில் மாறி மாறிப் பாய்வதால் முள்ளானது நகராமல் இருந்த இடத்திலேயே இருக்கும். மாறு மின்சாரத்தை அள்ப்பதற்கென தனிப்பட்ட அம்மீட்டர்கள் உள.

மாறு மின்சார அம்மீட்டர்: இதன் அமைப்பைப் பற்றி இங்கு கவனிப்போம். படம் 32-ல் காட்டியிருப்பது ஒரு மாறு மின்சார அம்மீட்டரின் அமைப்பாகும்.

காப்பிடப்பட்ட C என்ற சுருள்கம்பியின் அச்சிற்கு இணையாக A, B என்ற இரு இரும்புக் கம்பிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன இவ்விரண்டில் B என்ற கம்பி நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. ஆனல் A என்ற மறு கம்பி ஒரு வில் தகட்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்த A என்ற கம்பியின் மீது ஒரு விசை செலுத்தப் பட்டால் அது நகரும்; விசை நீக்கப்படின் கம்பி முன்னிலையை அடையும். வில் தகட்டின்மீது பொருத்தப்பட்டிருக்கும் ஒரு முள்ளின் நுனி ஒரு அளவு கோலின் எதிரே நிற்கிறது. கம்பிச் சுருளின் இரு நுனிகளும் T_1, T_2 என்ற இரு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



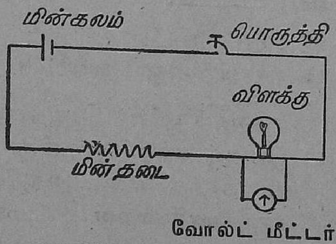
படம் 32.
மாறு மின்சார அம்மீட்டர்

இரு முனைகளின் மூலம் மின்சாரத்தைப் பாயச் செய்தால், கம்பிச் சுருளில் மின்சாரம் பாயும். இதனல் கம்பிச் சுருளினுள் ஒரு காந்தமண்டலம் ஏற்படுகிறது. காந்த மண்டலத்தில் உள்ள இரு இரும்புக் கம்பிகளும் காந்தமாகின்றன. இவைகளின் ஒத்த முனைகள் அருகில் இருப்பதால் ஒன்றை ஒன்று விலக்கித் தள்ளுகின்றன. இந்த விலக்கத்தினுல் A என்ற காந்தக் கட்டை B-யில் இருந்து எட்டிச் செல்லுகிறது. ஆகவே, முள்ளின் நுனி அளவுகோலின் மேல் நகர்ந்து மின்னேட்டத்தின் அளவைக் காட்டுகிறது. மின்சாரம் எதிராகப் பாயும்போது ஒவ்வொரு காந்தக்கட்டையிலும் வட துருவம்

தென் துருவமாகவும், தென் துருவம் வட துருவமாகவும் மாறுகின்றன. இருந்தபோதிலும் ஒத்த முனைகள் அருகிலேயே அமைவதை நீங்கள் கவனிக்கவேண்டும். இதனால் முன் போலவே A என்ற காந்தக்கட்டை B-யில்இருந்து விலக்கித் தள்ளப்படுகிறது. இந்த விலக்கத்தின் அளவு, முந்திய விலக்கத்தின் அளவிற்குச் சமமாக இருக்கும். இதனால் முள்ளின் முனையானது முன்போலவே மின்னோட்டத்தின் அளவைக் காட்டி நிற்கும். இவ்வாறாக மாறு மின்சாரம் அளக்கப்படுகிறது.

வோல்ட் மீட்டர் (Voltmeter): ஒரு மின் சுற்றில் இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளக்கும் கருவி வோல்ட் மீட்டராகும். இது அம் மீட்டரைப் போன்ற அமைப்புடையதாகும். அம்மீட்டரில் உள்ள சுருள் கம்பி தடித்த கம்பியால் ஆக்கப்பட்டு, குறைந்த தடையுள்ளதாக இருக்கும். ஆனால் வோல்ட் மீட்டரில் உள்ள சுருள்கம்பி மெல்லிய கம்பியால்ஆக்கப்பட்டுத் தடைமிகுந்ததாக இருக்கும். இதில் உள்ள அளவுகோல் வோல்ட் (volt) என்ற அளவுகளாக வரையப்பட்டிருக்கும்.

இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளப்பதற்கு வோல்ட் மீட்டரைப் படம் 33-ல் காட்டியபடி இணையாகப் பொருத்தவேண்டும். ஒரு மின்சார விளக்கு எரிந்து கொண்டிருக்கிறது. இதன் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின் அழுத்தத்தை அளப்பதற்கு வோல்ட் மீட்டரை இணைக்கும் விதம் படம் 33-ல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இக்கருவியின் தடை மிகுதியாக இருப்பதால் இதில் வெகு சொற்ப அளவு மின்னோட்டமே பாயும். இதனால் விளக்கில் பாயும் மின்னோட்டத்தில் எவ்வித மாறுதலும் இல்லை என்றே சொல்லலாம்.



படம் 33. ஒரு மின் சுற்றில் ஒரு வோல்ட் மீட்டரை இணைக்கும் விதம்

மின்சாரத்தினுல் ஏற்படும் விளைவுகள் :

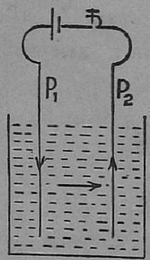
(1) **வெப்பமும், ஒளியும் உண்டாதல்:** ஒரு கம்பியின் மூலம் மின்சாரம் பாயும் போது அதில் வெப்பம் உண்டாகிறது. இந்த அடிப்படைத் தத்துவத்தைக் கொண்டே மின்சார வெப்பக் கருவிகள் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. தண்ணீர், பால், இவற்றைச் சூடுபடுத்தவும், சமையல் செய்யவும், ஆடைகளைத் தோய்த் தெடுக்கவும், உலோகங்களைப் பற்றவைக்கவும், மின்சார வெப்பக்கருவிகளை நாம் உபயோகிக்கிருேம்.

கம்பியில் பாயும் மின்னுேட்டம் அதிகரித்தால், உண்டாகும் வெப்பமும் அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறு மின்னுேட்டத்தை அதிகரித்துக்கொண்டே போனுல், கம்பி முதலில் சிவந்து, பின்பு மஞ்சள் ஒளி வீசி, இறுதியாக வெண்ணிறச் சுடரை வெளி விடும். இந்த அடிப்படைத் தத்துவத்தைக் கொண்டே மின்சார விளக்குகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

(2) **மின் முலாம் பூசுதல்** (electro-plating) : ரசாயனக் கூட்டுப் பொருட்களின் மூலம் மின்சாரம் பாய்வதால் அவை பகுக்கப்படுகின்றன. இதற்கு மின்னுற் பகுப்பு (electolysis) என்று பெயர். ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரத்தில் தண்ணீரை ஊற்றி அதில் சிறிதளவு நீர்த்த கந்தக அமிலத்தை (dilute sulphuric acid) ஊற்று. பின்பு இரண்டு பிளாட்டினத் (platinun) தகடுகளை அதில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு வைத்து அவைகளின் மூலம் மின்சாரத்தைப் பாயச்செய். மின்னுேட்டம் ஒரு தகட்டில் இருந்து மற்ருெரு தகட்டிற்குத் தண்ணீரின் மூலம் பாய்கிறது. அதனுல் தண்ணீர் ஆக்ஸிஜன் (oxygen) ஆகவும் ஹைட்ரஜன் (hydrogen) ஆகவும் பிரிக்கப்படுகிறது.

P_1, P_2 என்ற இரண்டு செப்புத் தகடுகளை செம்பு சல்பேட்டு (copper sulphate) கரைசலில் அமிழ்ந்து இருக்குமாறு வைத்து அவைகளின் மூலம் மின்னுேட்டத்தைப் பாயச் செய் [படம்: 34]. P_1 என்ற தகட்டின் வழியாக மின்சாரம் உட்செல்வதால், அத் தகட்டிற்கு, நேர்மின்வாய் என்று பெயர். P_2 என்ற தகட்டிலிருந்து மின்சாரம் வெளி வருவதால் அதற்கு எதிர்மின்வாய் என்று பெயர். கரைசலின் வழியாக மின்னுேட்டம்

பாய்ந்து செம்பை வேருகவும், சல்பேட்டை வேருகவும் பிரிக்கின்றது. இப்பகுதிகளுக்கு அயனிகள் (ions) என்று பெயர்.



படம் 34.
மின்னுற் பகுப்பு

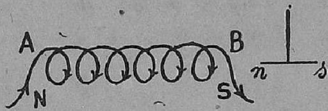
செம்பு போன்ற உலோக அயனிகள் நேர் மின்சாரம் கொண்டவை. இவை எதிர் மின்சாரம் கொண்ட எதிர்மின்வாயால் கவர்ச்சிக்கப்பட்டு அத்தகட்டின் மீது படிகின்றன. சல்பேட்டு போன்ற அலோக (non-metal) அயனிகள் எதிர் மின்சாரம் கொண்டவை. இவை நேர்மின்வாயை அடைகின்றன. அங்கு நேர்மின்வாயில் உள்ள செம்புடன் சல்பேட்டு அயனிகள் ரசாயனக் கூடுதலால் செம்பு சல்பேட்டாக மாறித் திரவத்தில் கரைந்து விடுகின்றன.

மேலே கூறிய பரிசோதனைகளில் செம்பு எதிர்மின்வாயில் படிவதாகப் பார்த்தோம். இந்த முறையில் செம்புச் சாமான்களின்மீது வெள்ளி முலாம் (silver plating) பூசுவதும், வெள்ளிப் பொருட்களின்மீது தங்க முலாம் பூசுவதும் நடைபெறுகின்றன. தங்க நகைகளின் மீதும் அதிகமாக மெருகேற்றுவதற்குத் தங்கமுலாம் பூசுவதுண்டு. இக்காலத்தில் மின் முலாம் பூசுதல் ஒரு சிறந்த தொழிலாக நடைபெற்று வருவதை நாம் அறிவோம்.

3. **காந்தம் உண்டாதல்:** ஒரு கம்பியின் வழியாக மின்சாரத்தைப் பாயச் செய்தால், கம்பியைச் சுற்றி ஒரு காந்த மண்டலம் உண்டாகிறது. ஒரு முள்ளின் முனையில் கிடைமட்டமாக நிறுத்தப்பட்ட ஒரு காந்த ஊசி தென் வடலாக நிற்பதை நாம் அறிவோம். இவ்வாறு தென்வடலாக நிற்கும் ஒரு காந்த ஊசியினருகே மின்சாரம் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும் ஒரு கம்பியைக் கொண்டு வந்தால், காந்த ஊசி தென் வடலான திசையிலிருந்து சற்று விலகி நிற்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து மின்சாரம் பாயும் கம்பியைச் சுற்றிலும் ஒரு காந்த மண்டலம் ஏற்படுகிறதென அறிகிறோம்.

காப்பிடப்பட்ட செப்புக் கம்பியைக் கொண்டு AB என்ற சுருள்கம்பி சுற்றப்பட்டிருக்கிறது [படம் 35]. இதன் மூலம்

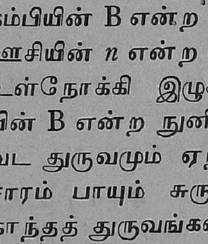
மின்னேட்டத்தைப் பாயச் செய்தால் சுருள் கம்பியினுள் காந்த மண்டலம் ஏற்படுகிறது. ஒரு பட்டு இழையிலிருந்து கட்டித் தொங்கும் *n s* என்ற காந்த ஊசியை மின்சாரம் பாயும் சுருள்



படம் 35. கம்பிச்சுருளில் காந்த மண்டலம்

கம்பியின் B என்ற நுனிக்கருகில் கொண்டு வந்தால், காந்த ஊசியின் *n* என்ற வட துருவம் சுருள் கம்பியால் கவரப்பட்டு உள்நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. இதிலிருந்து சுருள் கம்பி யின் B என்ற நுனியில் தென் துருவமும், A என்ற நுனியில் வட துருவமும் ஏற்பட்டுள்ளதென அறிகிருேம். ஆக, மின் சாரம் பாயும் சுருள் கம்பி ஒரு காந்தக்கட்டை போன்று காந்தத் துருவங்கள் கொண்டுள்ளதைக் காண்கிருேம்.

மின் காந்தம் (electromagnet) : ஒரு காந்த மண்டலத்தில் இரும்புத்துண்டு ஒன்றை வைத்தால், இரும்பில் மின்சாரம் தூண்டப் பெற்று (induced) இரும்பு காந்தமாகிறது. இரும் பிற்குப் பதிலாக ஒரு எஃகுத்துண்டை வைத்தால், அதுவும் காந்தமாகிறது. இரும்பைக் காந்த மண்டலத்திலிருந்து வெளியில் எடுத்தவுடன் அதிலுண்டான காந்தம் நீங்கி விடுகிறது. ஆனல் எஃகில் உண்டான காந்தம் நிலைத்து நிற்பதைக் காணலாம். இதனல், இரும்பில் தற்கா லிகக் (temporary) காந்தமும், எஃகில் நிலைத்த காந்தமும் (permanent) ஏற்படு கின்றன. இந்த அடிப்படைத் தத்துவத் தைக் கொண்டுதான் மின்காந்தங்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. N, S என்ற இரு இரும்புத் துண்டுகள் மின்காந்தத்தின் இருகைகளுடன் (cores) இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இரு கைகளின்மீதும் காப் பிடப்பட்ட ஒரு செம்புக்கம்பி படம் 36-ல் காட்டியவாறு சுற்



படம் 36.
மின்காந்தம்

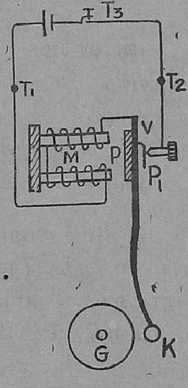
றப்பட்டிருக்கிறது. கம்பியின் மூலம் மின்னோட்டம் பாயும் போது ஒரு இரும்புத்துண்டு வட துருவமாகவும், மற்றது தென் துருவமாகவும் ஆகின்றன. இதனல் இரு துருவங்களுக் கிடையில் திறன் வாய்ந்த காந்த மண்டலம் ஏற்படுகிறது. மின்னோட்டத்தை நிறுத்தினல், காந்தம் முற்றிலும் நீங்கி விடுகிறது.

மின்காந்தம் சிறந்த பல வழிகளில் நமக்குப் பயன் படுகிறது. மின்சார மணி அடிக்கவும், தந்தி, தொலைபேசி (telephone) போன்ற சாதனங்கள் இயங்கவும், துறை முகங்களில் இரும்புச் சாமான்களைத் தூக்கிக் கப்பலிலிருந்து ஏற்றவும் இறக்கவும், பிறபொருட்களுடன் சேர்ந்துள்ள இரும்புத் தூள்களைத் தனியாகப் பிரித்தெடுக்கவும் இவை போன்ற பல வழிகளில் மின்காந்தம் நமக்குப் பயன் படுகின்றது.

தொழிற்சாலைகளில் இரும்புத் தூண்கள், இரும்பு உத்திரங்கள் போன்ற பளுவானவைகளைத் தூக்க மின் காந்தங்களை உபயோகிக்கிருர்கள். மூன்று டன் எடையுள்ள மின்காந்தம் முப்பது டன் எடையுள்ள இரும்புச் சாமானைத்தூக்க முடியும். ரயில் பாதைகளில் தானுக இயங்கும் கைகாட்டிகள், சக்கரங்களை அழுத்தி நிறுத்தும் தடுப்பான்கள் (brakes) இவையாவும் மின் காந்தத்தால் இயங்குகின்றன. தொழிற்சாலைகளில் கடைசல் பட்டறைகளில் வேலை செய்யும்போது இரும்புத்தூள்கள் கண்ணுக்குள் பாய்ந்து விடுவதுண்டு. இவைகளை மருத்துவர்கள் மின் காந்தங்கள் கொண்டு எளிதில் கண்ணிலிருந்து எடுத்து விடுகிருர்கள். இதுபோல், மின் காந்தத்தின் உபயோகத்தைச் சொல்லிக்கொண்டே போகலாம். மின்சார மணி (electric bell) இயங்கும் விதத்தைச் சிறிது பார்ப்போம்.

மின்சார மணி (Electric bell) : மின்சார மணியில் M என்ற ஒரு மின் காந்தம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது [படம். 37]. இதன் சுருள்கம்பியின் ஒரு நுனி T_1 என்ற முனையுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. கம்பியின் மறு நுனி V என்ற எஃகுத் தகட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தம் இந்தத் தகட்டை எளிதில் கவருமாறு இதனுடன் P என்ற இரும்புச்சட்டம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தகடானது காந்தத்

தால் ஈர்க்கப் படும்போது G என்ற மணியை அடித்து ஒலி உண்டாக்கு வதற்காக, தகட்டின் நுனியில் ஒரு இரும்புக் குண்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. P_1 என்பது ஒரு திருகு; இதன் நுனி எஃகுத் தகட்டைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கிறது. திருகு T_2 என்ற முனையுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது.



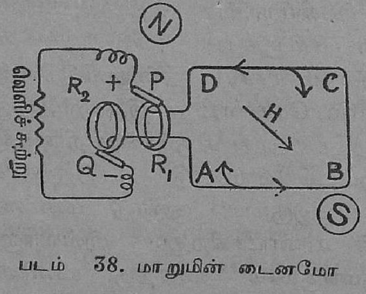
படம் 37.
மின்சார மணி

மின்சாரமணியை ஒரு மின்கலம், T_3 என்ற பொருத்தி (switch) இவைகளுடன் வரிசையாக இணைக்கவேண்டும். பொருத்தியை அழுத்தினவுடன், சுருள் கம்பி வழியாக மின்னோட்டம் பாய்ந்து, மின்காந்தத்தை உண்டு பண்ணுகிறது. இதனால் எஃகுத் தகடு ஈர்க்கப்பட்டு மணியை அடிப்பதால், ஒலி பிறக்கிறது. எஃகுத்தகடு காந்தத்தை நோக்கி விலகியிருப்பதால், அது திருகின் இணைப்பிலிருந்து விடுபட்டு விடுகிறது. இதனால் மின்சாரம் நின்றுவிடுகிறது. எஃகுத்தகடு மீள்தன்மை (elastic) கொண்டது. இதனால், அது எதிரான திசையில் விரைகின்றது. அது திரும்பவும் திருகைத் தொடும் பொழுது, மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு, காந்தத்தால் ஈர்க்கப் படுகிறது. முன்போல் இரும்புக் குண்டு மணியை அடிப்பதால் திரும்பவும் ஒலி உண்டாகிறது. இவ்வாறாக எஃகுத் தகடு தானாக இங்குமங்குமாக அசைந்து மணியை அடிக்கிறது. மணி அடிப்பதை நிறுத்துவதற்குப் பொருத்தியை விலக்கி விடவேண்டும்.

10. டைனமோவும், மின்மோட்டாரும்

டைனமோ (Dynamo): இயந்திர சக்தியை மின் சக்தியாக மாற்றும் சாதனமே டைனமோ எனப்படும். ஒரு காந்த மண்டலத்தில் இரு முனையும் பொருந்திய ஒரு கம்பிச் சுருளைச் சுழற்றினால், அதில் மின்சாரம் தூண்டப்படுகிறது. இதுவே டைனமோவின் தத்துவமாகும்.

இதன் அமைப்பைச் சற்று கவனிப்போம். N,S என்ற இரு காந்தத் துருவங்களுக் கிடையில் திறன் வாய்ந்த காந்த மண்டலம் அமைந்துள்ளது [படம் 38]. இக் காந்த மண்டலத்தில் ABCD என்ற ஒரு செவ்வக வடிவான கம்பிச் சுருள் அதன் அச்சின்மீது சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதற்குச் சுழல்சுருள் (armature) எனப் பெயர். கம்பியின் இரு நுனிகளில் நுனிக்கொன்றாக இரண்டு செப்பு வளையங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வளையங்கள் மின் திரட்டிகள் (commutators) எனப்படும். இவைகளின் மீது இரண்டு கம்பிவலைத் துண்டுகள் வில் போன்று இலேசாக அழுத்திக் கொண்டிருக்கின்றன. இவைகளைத் தூரிகைகள் (brushes) என்று சொல்லலாம். இவை நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இவை மின்சாரம் பாயவேண்டிய வெளிச் சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

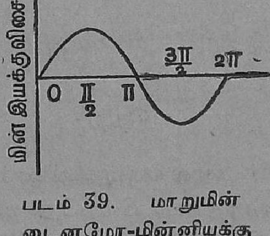


படம் 38. மாறுமின் டைனமோ

இது இயங்கும் விதத்தை ஆராய்வோம். கம்பிச் சுருளின் தளம் (plane) காந்த மண்டலத்தின் விசைக் கோடு (line of force) களுக்கு செங் கோணத்தில் இருக்குமாறு வைத்துக் கொண்டு, கம்பிச் சுருளை வலஞ்சுழியாகச் (clockwise) சுற்றுவோம். அப்பொழுது AB மேல் நோக்கியும், CD கீழ்

நோக்கியும் சுற்றுமல்லவா ? வலதுகைப் பெரு விரல் விதிப்படி (right hand thumb rule) மின்சாரம் ABCD வழியாகப் பாயும். இதனுல் வெளிச் சுற்றில் P–யிலிருந்து வெளிச் சுற்று வழியாக Q–விற்கு மின்னேட்டம் பாயுமல்லவா ? ஆகவே, P என்ற தூரிகைநேர் முனையாகவும், Q என்ற தூரிகை எதிர்முனையாகவும் அமைகின்றன. கம்பிச் சுருளில் தூண்டப் பெறும் மின்சாரம் அதன் சுழற்சியின் ஒவ்வொரு நிலைமையிலும் அதனூடே பாயும் காந்தக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கிறது. கம்பிச் சுருள் 180° சுழன்றவுடன் மின் சாரம் எதிர்த்திசையில் பாய்கிறது. அதாவது இப்பொழுது Q என்ற தூரிகை நேர்முனையாகவும் P என்ற தூரிகை எதிர் முனையாகவும் மாறுகின்றன. அதனுல் வெளிச் சுற்றில் மின் னேட்டம் எதிரான திசையில் பாய்கிறது. ஆகவே, கம்பிச் சுருள் அரைச் சுற்றுச் சுற்றும் போது, வெளிச் சுற்றில் மின் னேட்டம் ஒரு திசையிலும், கம்பிச் சுருள் அடுத்த அரைச் சுற்றுச் சுற்றும்போது மின்னேட்டம் எதிரான திசையிலும் பாய்கின்றது. இது போன்று, கம்பிச்சுருள் சுழலும் போது மின்னேட்டம் திசையில் மாறி மாறிப் பாயும். இதையே மாறு மின்சாரம் (alternating current) என்கிறோம். இதனுல் இந்த டைனமோவை மாறுமின் டைனமோ (A.C. dynamo) என்று சொல்லுகிறோம்.

கம்பிச்சுருள் சுழன்றுள்ள கோணத்தையும், அவ்வப் போது தூண்டப் பெறும் மின் இயக்கு விசையையும் (E.M.F.) ஒரு கட்டத்தாளில் வரைந்தால் அது படம் 39-ல் காட்டியபடி அமையும். இதற்கு சைன் வளைவு கோடு (sine curve) என்று பெயர்.



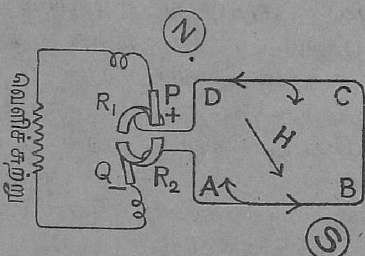
படம் 39. மாறுமின் டைனமோ-மின்னியக்கு விசையின் மாறுபாடு

கம்பிச் சுருளின் அரைச்சுற்றின்போது மின் இயக்கு விசை ஒரு திசையிலும், அடுத்த அரைச் சுற்றின்போது எதிரான திசையிலும் உண்டாவதைப் படத்தில் காண்கிறோம். இதன்றி ஒரு திசையில் உண்டாகும் மின் இயக்கு

விசை ஒரே அளவாக இல்லாது மாறுதலடைவதையும் காண்கிறோம்.

மாறுமின் டைனமோவின் சுழல்சுருள் தேனிரும்பாலாகிய (soft iron) உள்ளகத்தின் (core) மீது சுற்றப்பட்டுள்ளது.

நேர்மின் டைனமோ (D. C. dynamo) : வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் திசை மாருது ஒரே திசையில் பாயுமானல் அதை நேர்மின்னோட்டம் என்று சொல்லுவோம். டைனமோவில் நேர் மின்சாரத்தை உண்டாக்க எவ்வித அமைப்பை ஏற்படுத்தியுள்ளார்கள் என்று கவனிப்போம். இது அமைப்பில் மாறுமின் டைனமோவைப் போன்றதே. ஆனல் வளையங்களாலாகிய மின் திரட்டிகளுக்குப் பதிலாக, அரை வளைய மின் திரட்டிகளை (split ring commutator) அமைத்துள்ளார்கள். சுழல்சுருளின் அச்சின் மீது இந்த இரு அரை வளையங்களும் அமைக்கப்பட்டிருப்பதால், அந்த அமைப்பு ஒரு முழு வளையம் போலவே தோன்றும். ஆனல், அந்த அரை வளையங்கள் ஒன்றுக்கொன்று மின்சாரத் தொடர்பின்றிப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் [படம் 40]. P என்ற தூரிகை R_1 என்ற ஒரு அரை வளையத்தின்மீதும் மற்றது R_2 என்ற அரை வளையத்தின் மீதும் இலேசாக அழுத்திக்கொண்டிருக்கின்றன. இவ்விரண்டு தூரிகைகளும் வெளிச் சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுழல்சுருள் சுழலும்போது, மின்சாரம் தூண்டப்படுகிறது.



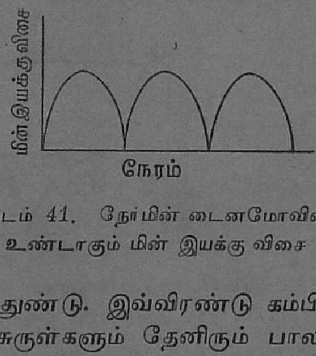
படம் 40. நேர்மின் டைனமோ

சுழல்சுருள் அரைச் சுற்றுச் சுற்றும்போது R_1 என்ற மின் திரட்டியில் நேர் மின்னழுத்தமும், R_2 என்ற மற்றதில் எதிர் மின்னழுத்தமும் உண்டாகின்றன. இதனலேயே, P என்ற தூரிகை நேர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாகவும், மற்றது எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாகவும் ஆகின்றன.

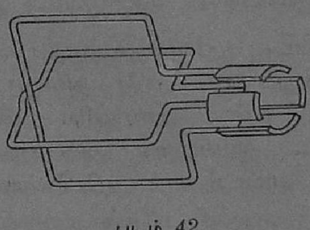
அடுத்த அரைச் சுற்றின்போது சுழல்சுருளில் மின்சாரம் எதிரான திசையில் தூண்டப்படுகிறதெனப் பார்த்தோம்.

ஆகவே, அரைச் சுற்றிற்குப் பிறகு R_2 என்ற மின் திரட்டி நேர்மின்னழுத்தம் கொண்டதாகவும், R_1 என்ற மற்றது எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாகவும் ஆகின்றன. சுழல் சுருளோடு சேர்ந்து மின் திரட்டிகளும் சுழல்வதால், அரைச் சுற்றிற்குப் பின்பு, R_2 என்ற மின் திரட்டி P என்ற தூரிகைக்கு அடியிலும் மற்றது Q என்ற தூரிகைக்கு அடியிலும் வருவது கவனிக்கத் தக்கது. இதனால்; முன்போலவே, P என்ற தூரிகை நேர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாகவும் மற்றது எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாகவுமே இருக்கின்றன. ஆக, வெளிச்சுற்றில் ஒரே திசையில் நேர்மின்னோட்டம் பாய்கின்றது.

இந்த டைனமோவில் நேர் மின்னோட்டம் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். ஆனால் உண்டாக்கப்படும் மின்னோட்டம் ஒரே அளவாக இருப்பதில்லை. சுழல் சுருளின் ஒவ்வொரு அரைச் சுற்றிலும் மின்னழுத்தம் ஒரே அளவுள்ளதாக இராமல் மாறுபடுவதைப் படம் 41-ல் காணலாம். ஒரு கம்பிச் சுருளுக்குப் பதிலாக, இரண்டு கம்பிச்சுருள்களை அமைப்பதுண்டு. இவ்விரண்டு கம்பிச் சுருள்களும் தேனிரும்பாலாகிய ஒரே உள்ளகத்தின்மீது ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணத்தில் சுற்றி அமைக்கப்பெறும் [படம் 42]. இவ்வாறு இரு கம்பிச் சுருள்களையும் கொண்ட சுழல்சுருள் சுற்றும் போது, ஒரு சுருளில் மின்சாரம் இல்லாதபோது, மற்றதில் மின்சாரம் உச்சத்திலிருக்கும்.



படம் 41. நேர்மின் டைனமோவில் உண்டாகும் மின் இயக்கு விசை

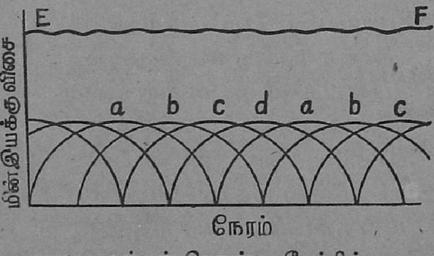

படம் 42.
இரு சுருள் நேர்மின் டைனமோ

*

இது போன்று, பல கம்பிச்சுருள்களை ஒன்றுக்கொன்று சமமான கோணத்தில் இருக்குமாறு உள்ளகத்தின் மீது அமைத்தால், சுழல்சுருள் சுழலும்போது ஒவ்வொரு கம்பிச் சுருளிலும் வெவ்வேறு நேரங்களில் மின்னேட்டம் உச்ச நிலையை அடையும். எல்லாக் கம்பிச் சுருள்களிலும் உண்டாகும் மின் இயக்குவிசை ஒன்று சேருவதற்கு ஏற்றவாறு, அவையாவும் தொடர்ச்சியாக (series) இணைக்கப் பட்டுள்ளன.

நான்கு கம்பிச் சுருள்களைக் கொண்ட ஒரு நேர்மின் டைனமோவைச் சிறிது ஆராய்வோம். a, b, c, d என்ற நான்கு சுருள் கம்பிகளிலும் எந்தெந்த நேரங்களில் மின் இயக்குவிசை உச்சநிலையை அடைகிறது என்பது படம் 43-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சுழல்சுருள் ஒருதடவை சுற்றுவதற்குள்ளாக நான்கு கம்பிகளிலும் தூண்டப்படும் மின் இயக்குவிசை ஒன்று சேர்ந்து



படம் 43. நாலு சுருள்கள் கொண்ட நேர்மின் டைனமோவில் உண்டாகும் மின் இயக்குவிசை

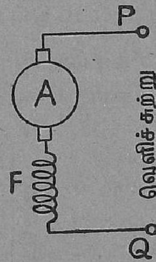
விடுகிறது. இதன் விளைவாக டைனமோவில் உண்டாகும் மின் இயக்குவிசை வெகுவாக மாறுபடாமல் ஒரே அளவாக அமைந்துவிடுகிறது. இதனை EF என்ற நுண்ணிய அலை போன்ற கோட்டினல் அறியலாம். இவ்வாருக, அளவிலும் திசையிலும் மாறுபடாத நேர் மின்னேட்டம் உற்பத்தி செய்யப் படுகிறது.

டைனமோக்களின் வகைகள் : சாதாரணமாக டைனமோக்கள் தாமே ஊக்குவித்துக் கொள்ளுமாறு (self-excited) அமைக்கப் பெற்றுள்ளன. இதில் உண்டாகும் மின் சாரத்தில்

ஓரளவு காந்த மண்டலச் சுருளின் (field coil) மூலம் பாயுமாறு இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றது. இதனால் மின் காந்தம் திறன் பெறுகிறது.

டைனமோக்கள் மூவகைப்படும்: அவை தொடர்சுற்று (series-wound), இணைச்சுற்று (shunt-wound), தொடர் இணைச்சுற்று (compound-wound) டைனமோக்கள் என்பனவாம்.

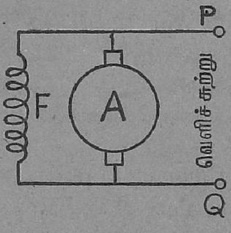
தொடர்-சுற்று டைனமோ: இதிலுள்ள மண்டலச் சுருளானது சுழல்சுருள்களுடன் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது [படம்: 44]. இதனால் வெளிச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் அதே அளவில் மண்டலச் சுருளிலும் பாயும். வெளிச் சுற்றிலுள்ள மின்தடை எதிர்பாராத விதமாகத் திடீரெனக் குறையுமாயின் அதில் பாயும் மின்னோட்டம் உயருமல்லவா? அதனால் மண்டலச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கின்றது. காந்த மண்டலம் இதனால் மேலும் திறன் பெறுவதால் டைனமோவில் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் உயர்ந்து கொண்டே போகும். ஆக, டைனமோவில் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் வெளிச் சுற்றிலுள்ள மின்தடையின் மாறுதலுக்ேற்ப மாறிக்கொண்டே இருக்கும். இதில் நிலையான ஒரே அளவுள்ள மின்னியக்கு விசையைப் பெற முடியாது.



படம் 44. தொடர் சுற்று டைனமோ

இணைச்சுற்று டைனமோ: இதன் மண்டலச் சுருளானது சுழல் சுருளுக்கு இணையாகப் பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது [படம். 45]. இதனால் டைனமோவில் பாயும் மின்னோட்டத்தில் ஒரு பாகம் மண்டலச் சுருள் வழியாகவும், மற்றப் பாகம் வெளிச் சுற்றின் மூலமாகவும் பாய்கின்றது. வெளிச் சுற்றின் மின்தடை திடீரெனக் குறைந்தால், டைனமோ வெளிச் சுற்றிற்கு அனுப்பும் மின்னோட்டத்தின் அளவு அதிகரிக்கும். இதனால் டைனமோ குறைந்த அளவுள்ள மின்னோட்டத்தையே மண்டலச் சுருளுக்கு அனுப்பும். ஆகவே, காந்த மண்டலத்தின்

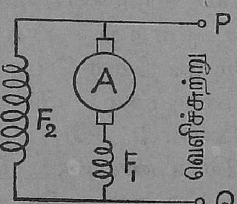
திறன் குறைந்து விடுகிறது. எனவே, டைனமோவில் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தமும் குறைந்து விடுகிறது.



படம் 45.
இணைச்சுற்று டைனமோ

இவ்வாருக, எதிர்பாராத விதமாக வெளிச் சுற்றில் மின்தடை குறைவு படுமாயின், டைனமோவின் மின்னழுத்தம் வரவரக் குறைந்து கொண்டே போய்விடும். மின்னழுத்தத்தை முந்திய அளவிற்கு உயர்த்திக் கொண்டே போவதற்கு எந்தவிதமான சாதனமும் இதில் அமைக்கப் படவில்லை.

தொடர்-இணைச்சுற்று டைனமோ: இதன் மண்டலச் சுருள் இரு கம்பிச் சுருள்களைக் கொண்டது. ஒரு கம்பிச் சுருளில் ஒரு சில சுற்றுக்களே இருக்கும்; இது டைனமோவின் சுழல் சுருளுடன் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றச் சுருளில் அநேகச் சுற்றுகள் உள; இது சுழல் சுருளுடன் இணையாகப் பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது [படம் 46]. சாதாரணமாக, டைனமோவில் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் மாறுபடாமல் ஒரே அளவாக இருப்பது நல்லது. இந்த முறையில் இந்த டைனமோ மிகச் சிறந்தது என்று சொல்லலாம்



படம் 46. தொடர்-இணைச்சுற்று டைனமோ

மின் மோட்டார் (Electric Motor): ஒரு காந்த மண்டலத்தில் இரு முனைகளும் பொருந்திய ஒரு கம்பிச் சுருளை நிறுத்தி, அதன் மூலம் மின்சாரத்தைப் பாயச்செய்தால், அச்சுருள் சுழல ஆரம்பிக்கிறது. இதுவே மின் மோட்டாரின் தத்துவமாகும். மின் சக்தியை, இயக்கச் சக்தியாக மாற்றுவதே மின் மோட்டாரின் வேலை.

இது அமைப்பில் டைனமோவை ஒத்ததே. டைனமோவில் சுழல்சுருளைச் சுழற்றி மின் சாரத்தை உண்டு பண்ணு

கிருேம். மின் மோட்டாரில் சுழல் சுருளின் மூலம் மின்னேட்டத்தைப் பாயச்செய்து இயக்கச் சக்தியைப் பெறுகிருேம்.

மின் மோட்டாரிலும் மூன்று வகைகள் உள. அவை தொடர்ச்சுற்று, இணைச்சுற்று, தொடர்–இணைச்சுற்று மின் மோட்டார்கள் என்பனவாம். தொடர்ச்சுற்று மின் மோட்டாரில் மண்டலச் சுருளானது சுழல் சுருளுடன் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்த மின் மோட்டாரின் வேகம் ஒரே அளவாக இல்லாமல் மாறும் தன்மையுடையது. இதனுல் ஒரே அளவான வேகம் தேவைப்படுகின்ற தொழில்களுக்கு இந்த மின் மோட்டார் பயன்படாது. இது சாதாரணமாக இயந்திரச் சுமைதாங்கிகளை இயக்குவதற்குப் பயன்படுகிறது. இதன்றி மின்சார வண்டித் தொடரை ஓட்டிச் செல்வதற்கும் இவ்வகை மின் மோட்டார்களே உபயோகப்படுகின்றன.

இணைச்சுற்று மின்மோட்டாரில் மண்டலச் சுருளானது சுழல்சுருளுடன் இணையாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தொடர்-இணைச்சுற்று மின் மோட்டாரில் மண்டலச் சுருளின் ஒரு கம்பி சுழல் சுருளுடன் தொடர்ச்சியாகவும், மற்றது இணையாகவும் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. இவ்விரண்டு வகை மின் மோட்டார்களும் வேகம் வெகுவாக மாறுபடாமல், ஒரே சீரான வேகத்தில் இயங்குபவை. இவை பெரும்பாலும் தொழிற்சாலைகளில் இயந்திரங்களை இயக்குவதில் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

எதிர் மின்னியக்கு விசை (Back E. M. F.) ஒரு மின் மோட்டாரின் சுழல் சுருளில் பாயும் மின்சாரத்தால் அது சுழலப் பெறுகிறது. இச் சுருள் காந்த மண்டலத்தில் சுழல்வதால், அதில் மின்சாரம் தூண்டப் படவேண்டுமல்லவா? இவ்வாருகத் தூண்டப்பட்டு ஏற்படும் மின்சாரம் சுழல் சுருளில் பாயும் மின்சாரத்திற்கு எதிரான திசையில் உண்டாகிறது. இதனுல் ஏற்படும் மின்னியக்கு விசையும் எதிரான திசையில் இருப்பதால் இதை எதிர் மின்னியக்கு விசை என்கிருேம். இந்த மின்னியக்கு விசை எதிராக ஏற்படுவதைக் கவனிக்க

வேண்டும். மின் மோட்டாரை இயக்குவதற்காகப் பிரயோகிக்கப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவை E வோல்ட்டுகள் எனக் கொள்வோம். மின் மோட்டாரில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னழுத்த விசையின் அளவை e வோல்ட்டுகள் எனவும், சுழல் சுருளின் மின் தடையை R ஓம்கள் எனவும் குறிப்பிட்டால், ஓம் விதிப்படி மின் மோட்டாரில் பாயும் மின்னோட்டம் $= \frac{E-e}{R}$ ஆம்பியர் ஆகும்.

ஒரு மின் மோட்டாரை இயக்கும்போது அதன் சுருள் சுருளில் E வோல்ட் மின்னழுத்தம் பிரயோகிக்கப்படுகிறது. இதனால் அதில் பாயும் மின்னோட்டம் $= \frac{E}{R}$ ஆம்பியர் ஆகிறது. சுழல் சுருள் தடித்த கம்பியால் ஆக்கப்பட்டிருப்பதால், அதன் தடை மிகமிகக் குறைவாகவே இருக்கும். இதனால் அதில் அதிகமான மின்னோட்டம் பாய்ந்து கம்பியை எரித்துவிடும். உதாரணமாக, ஒரு மின்மோட்டாரை இயக்குவதற்கு 200 வோல்ட் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படுவதாகக் கொள்வோம். சுழல்சுருளின் தடை ஒரு ஓம் என்றால், பொருத்தியை இணைத்தவுடன் சுழல்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் $= \frac{200}{1}$ $= 200$ ஆம்பியர்கள். இவ்வளவு அதிகமான மின்னோட்டம் சுழல் சுருளை எரித்துவிடுமல்லவா? இவ்வித விபத்து நடைபெறாதவாறு எவ்விதச் சாதனத்தைக் கையாளுகிறார்கள் எனப் பார்ப்போம். மின் மோட்டாரின் சுழல் சுருள் ஒரு பெரிய மாறவல்ல மின்தடையுடன் (rheostat) தொடர்ந்து இணைக்கப் பட்டிருக்கும். இதனால் மின் மோட்டாரை இயக்கியவுடன் அதில் பாயும் மின்சாரம் மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். இதனால், சுழல் சுருள் மெதுவாகச் சுற்ற ஆரம்பிக்கும். அதே நேரத்தில் மேலே கூறியவாறு ஓரளவு எதிர் மின்னியக்கு விசையும் உண்டாகின்றது. பின்பு மின் தடையைச் சிறிதுசிறிதாக ஒரு கைப்பிடியினால் குறைத்துக்கொண்டே போக வேண்டும். இதனால், சுழல்சுருளின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, எதிர் மின்னியக்கு விசையின் அளவும் உயர்ந்து கொண்டே போகும்.

இந்த எதிரான இரண்டு மின்னியக்கு விசைகளின் வித்தியாசந் தான் சுழல் சுருளில் பாய்கின்றது.

இதன் அளவு மிகக் குறைவாக இருப்பதால், சுழல்சுருளை எரித்து விடாது. கடைசியாக மின் தடையைப் பூராவும் குறைத்து விட்டால் மின் மோட்டார் வேகமாகச் சுழன்று கொண்டே இருக்கும்.

11. பொருளின் மூலக்கூறுக் கொள்கை

நாம் காணக்கூடிய ஒவ்வொரு பொருளும் கோடிக் கணக்கான நுண் துகள்களால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. இத்துகள்களே அப்பொருளின் அடிப்படைக் கூறுகள். இவை ஒவ்வொன்றும் அப்பொருளின் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது. இரும்பின் துகள், இரும்பின் பண்பைக் கொண்டது. தண்ணீரின் துகள் தண்ணீரின் குணத்தைப் பெற்றுள்ளது. இத்துகள்களுக்கு மூலக்கூறுகள் (molecules) எனப் பெயர். தங்கத்தின் மூலக்கூறுகள் தங்கத்தின் தன்மை வாய்ந்தவை; காற்றின் மூலக்கூறுகள் காற்றின் குணத்தைக் கொண்டவை. தங்கத்தின் மூலக்கூறுகள் வேறு, காற்றின் மூலக்கூறுகள் வேறு.

பொருளின் அடிப்படைக் கூறுகளான மூலக்கூறுகள், அசைவின்றி நிலையாக இராமல் இங்குமங்கும் சதா இயங்கிய வண்ணமிருக்கின்றன. இவைகளின் இயக்கத்தை ஆராய்ச்சி வழியிலாக எந்த நுண்ணோக்கியின் மூலமும் எடுத்துக்காட்ட முடியாதவாறு மூலக்கூறுகள் அவ்வளவு நுண்ணியனவாக இருக்கின்றன. இருந்த போதிலும் பொருட்கள் தோற்றுவிக்கும் பல நிகழ்ச்சிகளிலிருந்து, மூலக்கூறுகள் சதா இயங்கிக் கொண்டுதான் இருக்க வேண்டுமென்ற முடிவிற்கு வருகின்றோம். அடுப்பில் ஒரு மிளகாய்த் துண்டு விழுந்து விட்டால் அதன்நெடி எட்டியுள்ள நம் மூக்கைத் துளைத்து விடுகிறது. காற்றின் மூலக்கூறுகள் நாலா பக்கங்களிலும் வெவ்வேறு வேகங்களில் ஓடிக் கொண்டிருப்பதால்தான் அவை மிளகாய் நெடியைத் தாங்கிப் பல இடங்களுக்கும் கொண்டு செல்லுகின்றன. காற்றின் மூலக்கூறுகள் அசைவற்று நிலையாக இருப்பின், அடுப்பில் உண்டான நெடி அடுப்புக்குள்ளேதான் இருக்குமே தவிர, வெளியே பரவிச் செல்ல இயலாது. ஆகவே, வாயுக்கள் பரவிவிரவுதலுக்கு (diffusion)க் காரணம், வாயுவின் மூலக்கூறுகள் சதா இயங்கிக் கொண்டிருப்பதே.

ஒரு ஜாடியை ஹைட்ரஜன் வாயுவால் நிரப்பி, அதை கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு வாயு நிரம்பியுள்ள வேறொரு ஜாடி

யின்மேல் கவிழ்த்து வை. கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு கன மானவாயு; ஹைட்ரஜன் இலேசான வாயு. வாயுக்களின் மூலக் கூறுகள் அசைவற்றிருந்தால், கீழ்ஜாடியில் கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடும், மேல் ஜாடியில் ஹைட்ரஜனும் நிலைத்து இருக்க வேண்டும். ஆனால், நடப்பதென்ன? சிறிது நேரம் சென்று பார்த்தால், கனமான கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு வாயு மேல் ஜாடிக்குப் பரவி விடுகிறது; இலேசான ஹைட்ரஜன் கீழ் ஜாடிக்குப் பரவுகிறது. இதனால், மூலக்கூறுகள் சதா இயக் கத்தில் இருக்கின்றன என்பது தெளிவாகிறது.

இதன்றி, மூலக்கூறுகள் அசைவற்றிருப்பின், ஒரு பாத்தி ரத்தினுள் ஒரு வாயு அடைபட்டிருந்தால், மூலக்கூறுகள் தங்கள் எடையினால் பாத்திரத்தின் அடிப்பாகத்தை அழுத்துமே தவிர, பக்கச்சுவர்களை அழுத்தமுடியாது. ஆனால், அமுக்க மானியை (pressure gauge)க் கொண்டு பாத்திரத்தின் பக்கங் களையும் மூலக்கூறுகள் அழுத்திக்கொண்டிருக்கிறன என்று பரிசோதித்துக் காட்டலாம். தண்ணீரில் ஒரு சொட்டு மையைப் போட்டால் அது சிறிது சிறிதாக நீரில் பரவிச் செல்வதை நேரிடையாகக் காணலாம். திரவத்தின் மூலக் கூறுகள் இயக்கமின்றி இருப்பின், மைச்சொட்டு போடப்பட்ட இடத்திலேயே அசைவற்று இருக்கவேண்டுமே தவிர பரவிச் செல்ல இயலாது. திறந்த பாத்திரத்திலுள்ள திரவம் சிறிது சிறிதாக ஆவியாக மாறுவது நமக்குத் தெரியும். திரவத்தின் மூலக்கூறுகளுக்கு இயக்கம் இல்லாது இருப்பின், அவை திரவத்தைவிட்டு ஆவியாக மேலே வரமுடியாது. இவ்வாறு பல்வேறு சான்றுகளிலிருந்து பொருட்களின் மூலக்கூறுகள் சதா இயக்கத்தில் இருக்கின்றன என்பது தெரியவருகிறது. வாயுக்களின் மூலக்கூறுகளின் இயக்கங்களை யொட்டிப் பல கோட்பாடுகளை மாக்ஸ்வெல் (Maxwell), கிளாஸியஸ் (Clausius), போல்ட்ஸ்மன் (Boltzmann), ஜீன்ஸ் (Jeans) போன்ற விஞ்ஞானிகள் வெளியிட்டுள்ளார்கள்.

மூலக்கூறுகள் சதா இயக்கத்திலுள்ளன என்பதற்கு நேரிடை ஆதாரமாக, ஆங்கிலத் தாவரநூல் வல்லுனரான ப்ரௌன் (Brown) என்பவருடைய ஆராய்ச்சி முடிவுகளைச்

சொல்லலாம். ஒரு திரவத்தினுள் ஒரு திடப்பொருளின் நுண்ணிய துணுக்குகளைப் போட்டால், அவை திரவத்தின் அடியில் படியாமல், திரவம் பூராவும் பரவிநிற்கும். இத் துணுக்குகளை ஒரு கூட்டு நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்த் தால் ஒவ்வொரு துணுக்கும் நாலா பக்கங்களிலும் சதா இயங்கிக்கொண்டிருப்பதைக் காணலாம், இத்துணுக்குகளின் இயக்கம், ஓய்வதுமில்லை, ஒழிவதுமில்லை. இந்த இயக்கத் திற்குக் காரணம் வெப்பமே தவிர, மின்சாரம் அல்ல, ரசாயன விளைவும் அல்ல. திரவத்தின் வெப்பநிலையை உயர்த்தினால் துணுக்குகளின் இயக்கமும் அதிகரிக்கிறது ; வெப்பநிலையைத் தாழ்த்தினால் இயக்கமும் குறைகின்றது.

திரவத்தில் பரவியுள்ள துணுக்குகளின் ஓயாத ஒழியாத இயக்கம் விஞ்ஞானிகளுக்கு ஆச்சரியத்தை உண்டுபண் ணிற்று. வரவர, அவர்கள் இவ்வதிசயத்தை விளக்க முயன் றார்கள். திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் பல்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு வேகங்களில் இயங்கிக்கொண்டே இருக்கின்றன. ஒரு துணுக்கைக் கவனித்தால் அதன்மேல், அதைச் சுற்றியுள்ள திரவ மூலக்கூறுகள் வெவ்வேறு வேகங்களில், பல்வேறு திசைகளில் வந்து தாக்குகின்றன. இவைகளின் வேகம் வெவ்வேறாக இருப்பதால் துணுக்குச் சமநிலையில் (equilibrium) இல்லாது இடம் பெயர்கின்றது. திரும்பவும் அதே போல் நடைபெறுவதால், துணுக்கு ஒழுங்கின்றிப் பல்வேறு திசைகளில் இயங்கிக்கொண்டே இருக்கிறது. இந்த ப்ரௌ னின் இயக்கத்தில் (Brownian movement) நடைபெறுவது போல, வாயுவின் மூலக்கூறுகளும் சதா ஒழுங்கீனமாக இயங்கிக் கொண்டே இருக்கின்றனவென்று விஞ்ஞானிகள் கருது கின்றனர்.

வெப்பநிலையும் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலும் : ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுகள் சிறந்த கூட்டு நுண்ணோக்கி யிலும் காணமுடியாத அவ்வளவு நுண்ணியனவாக இருப் பினும் அவற்றிற்கு உரிய பொருண்மை (mass)யுண்டு. இதனால் மூலக்கூறுகள் இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy) கொண் டுள்ளன. அவைகளின் வேகம் ஒன்றுக்கொன்று பெரிதும்

மாறுபட்டிருப்பதால் அவை கொண்டுள்ள ஆற்றலின் அளவும் வெகுவாக மாறுபட்டிருக்கும். குறைந்த வேகத்தில் செல்பவை குறைந்த ஆற்றலையும் அதிக வேகத்தில் செல்பவை மிகுந்த ஆற்றலையும் கொண்டுள்ளன. மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றலின் அளவு வாயுவின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்திருக்கிறது. வாயுவின் வெப்பநிலை உயர்ந்தால், மூலக்கூறுகளின் வேகம் அதிகரித்து அவற்றின் இயக்க ஆற்றல் மிகுகிறது. வெப்பநிலை தாழ்ந்தாலோ, மூலக்கூறுகளின் வேகம் தணிந்து அவற்றின் ஆற்றல் குறைகின்றது. வெப்பநிலையின் கீழ்வரம்பை, தனிச்சுழி (absolute zero) எனலாம். இந்த வரம்புக்குக் கீழாக வெப்பநிலை இருக்கவே முடியாது. வெப்பநிலை குறைவதால், மூலக்கூறுகளின் வேகம் குறைகின்றது எனப் பார்த்தோம். வெப்பநிலையைக் குறைத்துக்கொண்டே போய்த் தனிச்சுழியை அடைந்தால், மூலக்கூறுகளின் நிலை என்னவாகும்? இதைவிடக் குறைந்த வெப்பநிலை கிடையாது எனக் குறிப்பிட்டது ஞாபகமிருக்கும். வெப்பநிலை தனிச்சுழிக்குத் தாழ்ந்ததும், மூலக்கூறுகள் இயக்கமின்றி அசைவற்றநிலையை அடைந்துவிடும். அந்நிலையில் மூலக்கூறுகள் ஆற்றலற்றுப் போய்விடும். ஆற்றலற்ற நிலையே தனிச்சுழிக்குச் சரியான வெப்பநிலை ஆகும்.

பொருளின் மூவகை நிலைகள் (Three States of matter): பொருள்களின் திட, திரவ, வாயு என்ற மூன்று நிலைகளிலும் மூலக் கூறுகளின் இடையே ஒருவகை விசை இயல்பாக அமைந்துள்ளது. இதற்கு மூலக்கூறு இடைவிசை (inter molecular force) என்று பெயர். இந்த விசையினால் மூலக் கூறுகள் ஒன்றோடொன்று பிணைக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒரு திடப்பொருளில் அமைந்துள்ள இந்த இடை விசையானது மூலக்கூறுகளை வெகு வலுவுடன் பிணைக்கிறது. இதனால் மூலக்கூறுகள் இடம்விட்டு இடம் பெயர்ந்து ஓடுவதில்லை. இருந்த இடத்திலேயே அவை அசைவுறுகின்றன. மூலக் கூறுகள் ஒவ்வொன்றும் ஒரே வேகத்தில் அசைவுறுவதில்லை. அதனால் அவற்றின் அசைவாற்றலும் ஒன்றுக் கொன்று வேறுபட்டிருக்கின்றன. இந்த அசைவாற்றலின் சராசரி அள

வானது திடப் பொருளின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததாகும். திடப் பொருளைச் சூடுபடுத்தினால் மூலக்கூறுகள் அதிகமான அசைவாற்றலைப் பெறுகின்றன. இதனால் மூலக்கூறுகள் ஓரளவு ஒன்றன் பிணைப்பிலிருந்து ஒன்று விடுபட்டு, ஒன்றை விட்டொன்று எட்டிச் செல்ல ஏதுவாகிறது. இதனால் திடப் பொருள் பெருக்க மடைகிறது. இவ்விதமாக, பொருள் வெப்பத்தினால் விரிவடைவதை விளக்குகிறார்கள். திடப்பொருளை மேலும் மேலும் சூடுபடுத்தினால் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் மூலக் கூறுகளின் அசைவாற்றல் இடை விசையைச் சமாளிக்கப் போதுமானதாக உயர்ந்து விடுகிறது, அந்த வெப்பநிலையில் திடப்பொருள் திட உருவத்தை இழந்து திரவமாகி விடுகிறது. இதைத்தான் திடப்பொருள் "உருகுதல்" என்கிறோம்.

திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் இடம் விட்டு இடம் பெயர்ந்து திரவம் பூராவும் செல்லக்கூடியவை. திடப்பொருளில் இருப்பது போலல்லாமல், மிகக் குறைந்த அளவு இடைவிசையே திரவத்தின் மூலக்கூறுகளில் காணப்படுகிறது. இருந்த போதிலும் மூலக்கூறுகளின் இடையே போதிய பிணைப்பு இருப்பதால், திரவம் தன் பருமனை (volume) மாற்ற முடிவதில்லை.

திரவத்தின் ஒரு மூலக்கூறு திரவத்தினுள் இருக்கும் போது, அதைச் சுற்றியுள்ள மூலக்கூறுகள் சம அளவான இடைவிசையால் அம் மூலக்கூறை இழுக்கின்றன. இதனால் மூலக்கூறு சமநிலையில் இருக்கிறது. ஆனால் ஒரு மூலக்கூறு திரவத்தின் மேற்பரப்பை அணுகும்போது கீழுள்ள மூலக்கூறுகள் மேற்பரப்பை நெருங்க வொட்டாமல் அதைக்கீழ் நோக்கி இழுக்கின்றன. இந்தக் கீழ் நோக்கிய இழுப்பைச் சமாளிக்கப் போதிய ஆற்றலுடைய மூலக்கூறுகளே மேற்பரப்பைக் கடந்து ஆவியாக மாறுகின்றன. ஆற்றல் குறைவாக உள்ளவை திரவத்திலேயே தங்கி விடுகின்றன. ஆவியாதலினால் ஆற்றல் மிகுந்த மூலக்கூறுகள் வெளியேறி விடுவதால் திரவத்தின் மொத்த ஆற்றலளவு குறைவுபடுகின்றது. இதனால் திரவம் குளிர்ச்சி அடைகிறது,

இதை ஒரு சிறிய பரிசோதனையால் விளக்கிக் காட்டலாம். மேசையின் மேல் சிறிது தண்ணீரை ஊற்றி, அதன் மேல் சாராயம் (alcohol) கொண்ட ஒரு முகவையை வைத்து சாராயத்தில் கண்ணாடிக் குழாய் ஒன்றை அமிழ்த்தி வைத்து, அதன் மூலம் ஊதினால் சாராயம் விரைவில் ஆவியாக மாறும். சிறிது நேரத்தில் முகவைக்கு அடியிலுள்ள தண்ணீர் பனிக்கட்டியாக மாறியிருப்பதைக் காணலாம். சாராயம் ஆவியாதற்கு வேண்டிய வெப்பத்தைத் தண்ணீரிலிருந்து கிரகித்து விட்டதால், தண்ணீர் உறைந்து பனிக்கட்டியாகி விடுகிறது. ஆகவே, ஒரு திரவம் ஆவியாதலால் குளர்ச்சியடைகிறது எனத் தெரிகிறது.

பாயில் விதியும், சார்லஸ் விதியும்: ஒரு வாயுவிலுள்ள மூலக்கூறுகள் திரவத்தின் மூலக்கூறுகளைவிட தாமாக நாலாபக்கங்களிலும் இயங்கக் கூடியவை. மூலக்கூறுகளின் இடைவிசை மிகக்குறைவாக இருப்பதால் அவை நேர்க் கோட்டிலேயே இயங்கும். இவை அடங்கியுள்ள பாத்திரத்தின் சுவர்களைத் தாக்கி அழுத்தத்தை உண்டு பண்ணுகின்றன. இதையே வாயுவின் அமுக்கம் (pressure) என்கிறோம். பாத்திரத்தின் பருமனை அரைமடங்காகச் சுருக்கினால் அமுக்கத்தின் அளவு எவ்வளவு இருக்கும்? பாத்திரத்தின் உட்பரப்பின் மீது ஏற்படும் மூலக்கூறுகளின் தாக்குதல்கள் இருமடங்காக அதிகரித்து விடும். இதனால் வாயுவின் அமுக்கம் இருமடங்காக உயருமல்லவா? இது தான் பாயில் விதி (Boyle's law) எனப்படுவது. வாயுவைச் சூடுபடுத்தினால் மூலக்கூறுகளின் வேகம் அதிகரிக்கிறது. இதனால் அவை பாத்திரத்தின் உட்பரப்பின் மீது செலுத்தும் ஊற்றமும் (momentum) அதிகரிக்கின்றது. எனவே வாயுவின் அமுக்கம் உயருகின்றது. இதைத்தான் சார்லஸ் விதி (Charles' law) என்கிறோம்.

12. நீராவி எஞ்சினும், உள்ளெரி எஞ்சினும்

வெப்ப ஆற்றலைத் தொடர்ந்து எந்திர ஆற்றலாக மாற்ற முடியும். நீராவி எஞ்சின் நீராவி ஆற்றலை எந்திர ஆற்றலாக மாற்றிச் சக்கரத்தைச் சுழலச் செய்கிறது.

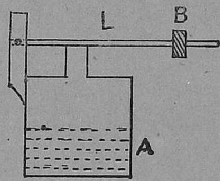
நீராவிக்கு ஆற்றல் உண்டென்று இன்று நாம் அறிந்திருந்தபோதிலும், அதை முதன் முதலாகக் கண்டுபிடித்த பெருமை ஜேம்ஸ் வாட் (James Watt) என்ற விஞ்ஞானிக்கே உரியது. சமையல் பாத்திரத்தின் வாயில் படிந்தும் படியாமலும் மூடப்பட்டுள்ள ஒரு தட்டை, வெளியேறும் நீராவி தட தட வென்று உயரத்தில் தூக்கிப் போடுவதை எல்லோருந்தான் பார்த்திருக்கிறோம். ஆனால் இதை யாரும் பொருட்படுத்துவது கிடையாது. ஜேம்ஸ் வாட் என்பவருக்கு அது வெகு விந்தையாகத் தோன்றியது. மூடியைத் தூக்கிப் போடுவதற்கேற்ற ஆற்றல் அந்நீராவியில் இருப்பதை அவர் அறிந்தார். இந்த ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி ஏன் எந்திரங்களை இயக்கக் கூடாது என எண்ணினார். அதன் விளைவாகத் தோன்றியதுதான் நீராவி எஞ்சின். இந்த எஞ்சினை உபயோகித்து இருப்புப் பாதைகளில் வண்டித் தொடர்களை அமைத்து ஓட்டியவர் ஸ்டீபன்சன் (Stephenson) என்பவர்.

நீராவி எஞ்சினில் ஓர் பெரிய இரும்புக் கொதிகலத்திலுள்ள நீர் நிலக்கரி அடுப்பினால் சூடேற்றப்படுகிறது. சாதாரணமாக நீர் 100°C-ல் கொதிக்கும். ஆனால் இக்கொதிகலத்தில் நீரின் வெப்பநிலை 200°C வரை உயருமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதனால் அதன் அமுக்கம் 20 காற்றமுக்கத்திற்குச் சமமாக உயர்ந்து விடுகிறது. ஆற்றல் மிகுந்த மீவெப்ப நீராவி (super heated steam) எஞ்சினுக்குள் செலுத்தப்படுகிறது.

தற்காப்புக் கபாடம் (safety valve) : கொதிகலத்தில் வெப்பநிலை 200°C-க்கும், அமுக்கம் 20 காற்றமுக்கத்திற்கும்

உயருகிறதெனப்பார்த்தோம். சிற்சில சமயங்களில் அமுக்கம் அளவுக்கு மீறி விட்டால் கொதிகலம் வெடித்துவிட நேரிடலாம். இவ்விபத்தைத் தவிர்க்க.ஒரு தற்காப்புக் கபாடம் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

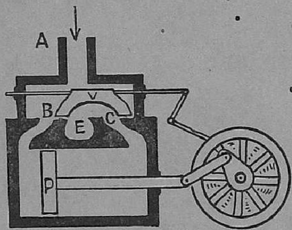
இதன் தத்துவத்தை எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம். A என்ற கொதிகலத்தில் நீர் ஊற்றப்பட்டிருக்கிறது. கொதி கலத்தின் வாயின்மீது பொருந்து மாறு L என்ற ஒரு நெம்பு கோல் அமைக்கப் பட்டிருக்கிறது. B என்ற எடை நெம்பு கோலின்மேல் நகரு மாறு அமைந்து உள்ளது. இந்த எடையின் பாரத்தினுல் நெம்புகோல் கொதிகலத்தின் வாயை மூடிக்கொள் கிறது. நீராவியின் அமுக்கம் 20 காற்றமுக்கமாக இருக்க வேண்டு மானுல் B என்ற எடை குறிப்பிட்ட இடத்தில் இருக்குமாறு பொருத்த வேண்டும். அமுக்கம் இதைவிட அதிகரித்துவிட் டால், நீராவி நெம்புகோலே உயர்த்திக் கொண்டு வெளியேறி விடும். இதனுல் கொதிகலம் வெடிக்காமல் பாதுகாக்கப் பெறும்.



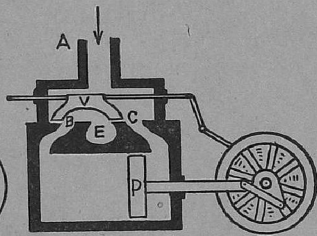
படம் 47.
தற்காப்புக் கபாடம்

நீராவி எஞ்சின் எவ்வாறு வேலே செய்கிற தென்பதைச் சிறிது ஆராய்வோம். கொதிகலத்திலிருந்து மீவெப்ப நீராவி A என்ற உட்செல்லும் குழாய் வழியாக எஞ்சினுக்குள் செல்லு கிறது. எஞ்சினுக்குள் B, C என்ற இரண்டு திறப்புகள் (openings) உள்ளன. இத்திறப்புகள் V என்ற நழுவுக் கபாடத்தால் மாறி மாறி மூடித்திறக்கப்படுகின்றன. நழுவுக் கபாடம் கோப்பை வடிவில் அமைக்கப்பெற்று முன்னும் பின்னு மாக நகரக்கூடியது. அவ்வாறு நகரும்பொழுது ஒரு திறப்பு மூடப்படும்பொழுது மற்ருெரு திறப்புத்திறந்தும், திறந்ததை மூடும்போது மூடியது திறந்தும் நழுவுக் கபாடம் வேலே செய் கிறது. இந்த நழுவுக்கபாடம் சக்கரத்தில் பொருத்தப் பட்டுள்ள மாற்றச்சுடன் (crank) இணைப்புத் தண்டுகளால் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. சக்கரம் அரைவட்டம் சுற்றும்

போது நழுவுக்கபாடம் வலப்புறமிருந்து இடப்புறம் செல்லும்; சக்கரம் அடுத்த அரைவட்டம் சுற்றும்போது நழுவுக்கபாடம்



படம் 48. நீராவி எஞ்சின் பிஸ்டன் இடது புறம் உள்ளபோது



படம். 49. பிஸ்டன் வலதுபுறம் உள்ளபோது

இடப்புறமிருந்து வலப்புறமாகச் செல்லும். இவ்வாருகச் சக்கரம் ஒரு தடவை சுற்றும்போது கபாடம் முன்னும் பினனு மாகப்போய் வருகிறது.

படம் 48-ல் P என்ற பிஸ்டன் இடப்புறமாக இருக்கும் போது நழுவுக்கபாடம் வலது புறத்திலுள்ள C என்ற திறப்பை மூடிக் கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். பிஸ்டனும் இணைப்புத் தண்டுகளால் சக்கரத்தின் முன்புறமுள்ள வேருெரு மாற்றச் சுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. சக்கரம் சுற்றும்போது பிஸ்டன் முன்னும் பின்னுமாக நகரும். ஆனல் பிஸ்டன் இடப் புறம் இருக்கும்போது நழுவுக்கபாடம் வலப்புறமாக இருக்கும்; பிஸ்டன் வலப்புறமாக இருக்கும்போது கபாடம் இடப்புறமாக இருக்கும்.

படம் 48-ல் காட்டியுள்ளபடி பிஸ்டன் இடப்புறமாக இருக்கும்போது கபாடம் வலப்புறமாக இருக்கிறது. உள்ளே வரும் நீராவி B என்ற திறப்பு வழியாக உட்சென்று பிஸ்டனை வலப்புறமாகத் தள்ளுகிறது. இதனுல் சக்கரம் அரை வட்டம் சுற்றுகிறது. இந்தத் தாக்குதலின் (stroke) முடிவில், படம் 49-ல் காட்டியுள்ளபடி பிஸ்டன் வலப்புறமாகவும், கபாடம் இடப்புறமாகவும் மாறுகின்றன. இப்போது திறந்துள்ள C என்ற திறப்புவழியாக நீராவி உட்சென்று, பிஸ்டனை இடப் புறமாகத் தள்ளுகிறது. சக்கரம் அடுத்த அரை வட்டம் சுற்று

கிறது. பிஸ்டன் இடப்புறமாக நகரும்போது பிஸ்டனுக்கு இடப்புறமாக உள்ள ஆற்றலிழந்த நீராவி E என்ற போக்குக் குழாய் வழியாகப் புகைப்போக்கிக்குச் சென்று அப்பால் வெளியே தள்ளப்படுகிறது. திரும்பவும் நீராவி, B என்ற திறப்பு வழியாக உட்சென்று பிஸ்டனை வலப்புறமாகத் தள்ளுகிறது. இப்போது பிஸ்டனுக்கு வலப்புறமுள்ள நீராவி போக்குக் குழாய் வழியாக வெளியேற்றப்படுகிறது. இவ்வாறாக, நீராவி இடதுபுறம் உட்சென்று பிஸ்டனை வலது புறமாகவும், பின்பு வலதுபுறம் உட்சென்று பிஸ்டனை இடது புறமாகவும் உதைத்துத் தள்ளுவதால் சக்கரம் தொடர்ந்து சுற்றுகிறது.

ரயில் தொடரை இழுத்துச் செல்லும் நீராவி எந்திரத்தில் இதைப் போன்ற இரு எஞ்சின்கள் பக்கத்திற் கொன்றாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு எஞ்சினில் உள்ள பிஸ்டன் முன்னோக்கி நகரும்போது மற்றொன்றிலுள்ள பிஸ்டன் பின்னோக்கி உந்தப்படுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

உள்ளெரி எஞ்சின் (Internal Combustion Engine): நீராவி எஞ்சினில் நிலக்கரியை எரித்துக் கொள்கலத்தில் நீராவி தயாரிக்கப்பட்டு எஞ்சினுக்குள் செலுத்தப்படுகிறது. எஞ்சினுக்கு வேண்டிய ஆற்றல் வெளியிலிருந்து உட்செலுத்தப்படும் நீராவியிலிருந்து கிடைக்கிறது. மோட்டார் வண்டியில் இயங்கும் எஞ்சினுக்கு வெளியிலிருந்து சக்தி கிடைப்பதில்லை. இவ்வகையில் இது நீராவி எஞ்சினுக்கு மாறுபட்டது. இதன் அறைக்குள்ளாகவே பெட்ரோல் ஆவியும் ஆக்ஸிஜனும் சேர்ந்து நெருப்புப் பிடித்து வெடிப்பதால் வெப்பநிலை உயர்ந்து, அமுக்கம் மிகுந்து, ஆற்றலைப் பெறுகிறது. இதனால் தான் இதை உள்ளெரி எஞ்சின் என்று சொல்லுகிறோம்.

மோட்டார் எஞ்சினில் உபயோகிக்கப்படும் எரிபொருள் பெட்ரோலாகும். இதற்கு ஆட்டோ எஞ்சின் (Otto engine) என்று பெயர். தற்காலத்தில் பெரிய லாரிகளை இயக்குவதற்கும், கப்பல்களை ஓட்டுவதற்கும், விமானங்களைச் செலுத்துவதற்கும் குரூடு ஆயில் என்ற சுத்தி செய்யப்படாத எண்ணெயைக் கொண்டு இயங்கும் எஞ்சின்களை உபயோகிக்கிறார்

*

கள். இவைகளுக்கு டீசல் எஞ்சின்கள் (Diesel engine) என்று பெயர்.

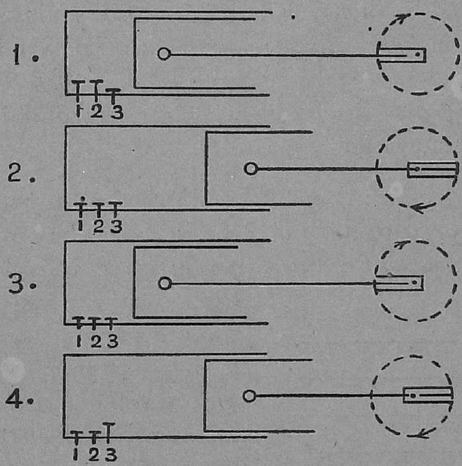
ஆட்டோ எஞ்சின்: இது 1876-ம் ஆண்டு ஆட்டோ என்பவரால் அமைக்கப்பட்டது. இதன் முக்கிய பாகங்கள் குழலும் (cylinder), அதனுள் அமைக்கப்பட்டுள்ள பிஸ்டனும், கபாடங்களும் ஆகும். குழலுக்குள் பொருந்தும்படியாக அமைக்கப்பட்ட பிஸ்டன் காற்றுப் புகா வண்ணம் முன்னும் பின்னும் நகரவல்லது. பிஸ்டனின் தண்டு ஒரு இணைப்புத் தண்டோடு பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இந்த இணைப்புத் தண்டின் மறுநுனி சுற்றும் சக்கரத்திலுள்ள மாற்றச்சுத் தண்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது [படம் 50]. இந்த அமைப்பு நீராவி எஞ்சினிலுள்ளது போலவே அமைந்திருக்கின்றது. குழலின் அடிப்பாகத்தில் மூன்று கபாடங்கள் உள்ளன. இவைகள் சக்கரத்துடன் இணைக்கப்பட்டு வேண்டிய நேரத்தில் மட்டும் திறக்கக் கூடியனவாக அமைந்துள்ளன. எண் 1 என்ற கபாடம் பெட்ரோல் தொட்டியுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது; இது பெட்ரோலை உள்ளே கொண்டு செல்லும் வழியாகும். வெளியிலுள்ள காற்று 2 என்ற கபாடத்தின் வழியாக உள்ளே உறிஞ்சப்படுகிறது; 3 என்ற கபாடம் உபயோகிக்கப்பட்ட வாயுக்கள் வெளியேறும் வழியாகும்.

இந்த எஞ்சின் வேலை செய்யும்போது ஏற்படும் நான்கு நிலைகளையும் கவனிப்போம்.

முதல் நிலை: பிஸ்டன் முன்னோக்கி உந்தப்படும் போது 1, 2 என்ற கபாடங்கள் திறப்பதால் பெட்ரோலும், காற்றும் குழலுக்குள் உறிஞ்சப்படுகின்றன [படம் 50-1]. சக்கரம் இப்போது அரைவட்டம் சுற்றுகிறது.

இரண்டாம் நிலை: பிஸ்டன் பின்னோக்கி உந்தப்படும் போது கபாடங்கள் மூன்றும் மூடியிருப்பதால், பெட்ரோல் வாயுவும், காற்றும் அழுத்தப்படுகின்றன. இதனால் வெப்ப நிலை ஏறக்குறைய 600°C-க்கு உயருகிறது [படம் 50–2]. இப்போது சக்கரம் அடுத்த அரைவட்டம் சுற்றுகிறது.

மூன்ரும் நிலை: இப்பொழுது மின்சாரத் தீப்பொறி உண்டாகி வாயுக்கலவை நெருப்புப்பிடித்து வெடிக்கின்றது.



படம் 50. ஆட்டோ எஞ்சின்

இதனுல் வெப்பநிலை ஏறக்குறைய 2000°C-க்கு உயருகிறது; அதன் அமுக்கம் 25 காற்றமுக்கத்திற்குச் சமமாக உயர்ந்து விடுகிறது [படம் 50-3]. ஆற்றல் வாய்ந்த இக்கலவை பிஸ்டனை முன்னேக்கி உதைக்கின்றது. இந்தத் தாக்குதலில் இருந்துதான் எஞ்சின் ஆற்றல் பெறுகின்றது. இப்பொழுது சக்கரம் மேலும் அரைச் சுற்றுச் சுற்றுகிறது.

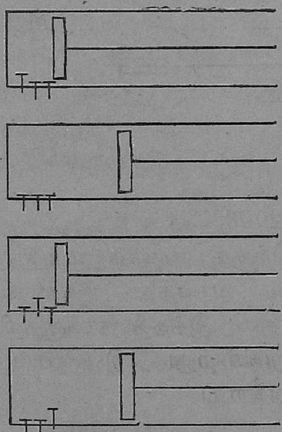
நான்காம் நிலை: அடுத்தபடியாக பிஸ்டன் பின்னேக்கி நகரும்போது, 3 என்ற கபாடம் திறக்கிறது. அதனுல் ஆற்றலிழந்த, பயனற்ற வாயுக்கலவை வெளியே தள்ளப்படுகிறது [படம் 50-4]. இப்பொழுது சக்கரம் அடுத்த அரை வட்டம் சுற்றுகிறது. இவ்வாருக நான்கு நிலைகளும் முடிவாகும்போது சக்கரம் இரண்டு சுற்றுகள் சுற்றி விடுகிறது.

அடுத்தபடியாக, பிஸ்டன் முன்னேக்கி நகரும்போது 3 என்ற கபாடம் மூடிக்கொண்டு, ஆரம்பத்திலுள்ளது போல் 1, 2 என்ற இரண்டு கபாடங்களும் திறப்பதால் பெட்ரோலும்

காற்றும் உறிஞ்சப்படுகின்றன. இதனுல் மேலே கூறிய நான்கு நிலைகளும் ஒன்றன்பின் ஒன்ருக நிகழ்கின்றன.

ஆகவே, நான்கு அடுத்தடுத்த நிலைகளில் மூன்ருவது நிலையில் ஏற்படும் தாக்குதல்தான் உபயோகமுள்ள வேலையைச் செய்கிறது என அறிகிரேும். இதிலிருந்துதான் எஞ்சின் ஆற்றல் பெறுகிறது. இந்த எஞ்சினின் பயனுறு திறன் (efficiency) 25% ஆகும்.

டீசல் எஞ்சின்: ஆட்டோ எஞ்சினில் உள்ளது போல் இதிலும் ஒரு குழலினுள்ளே பிஸ்டன், கபாடங்கள் ஆகியவை அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மூன்று கபாடங்களும் வேண்டிய நேரத்தில் திறந்து மூடுமாறு, அவை சக்கரத்துடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இம் மூன்று கபாடங்களில் 1 என்பது காற்று உட்செல்லும் வழியாகும்; 2 என்பது குரூடு ஆயில் உட்செல்லும் வழி; 3 என்பது வெளியேற்றும் கபாடம்.



படம் 51. டீசல் எஞ்சின்

எஞ்சின் வேலை செய்யும் போது ஏற்படும் நான்கு நிலைகளையும் கவனிப்போம்.

முதல் நிலை: பிஸ்டன் முன்ளுேக்கி உந்தப்படும் போது, 1 என்ற கபாடம் திறக்க, காற்று உள்ளே உறிஞ்சப்படுகிறது. இப்போது சக்கரம் அரைவட்டம் சுற்றுகிறது.

இரண்டாம் நிலை: பிஸ்டன் பின்ளுேக்கி உந்தப்படும் போது, 1 என்ற கபாடம் மூடிக்கொள்வதால், காற்று அழுத்தப் படுகிறது. வெப்பநிலை ஏறக்குறைய 1000°C-க்கு உயர்ந்து அதன் அமுக்கம் 15 காற்றமுக்கத்திற்கு உயருகின்றது. இப்போது சக்கரம் மேலும் அரைவட்டம் சுற்றுகிறது.

மூன்றும் நிலை: இப்போது, 2 என்ற கபாடம் திறக்க, ஒரு விசைப்பம்பு (force pump) குரூடு ஆயிலைக் குழலுக்குள் செலுத்தித் தெளிக்கிறது. உள்ளே·உள்ள வெப்ப நிலையில் குரூடு ஆயில் வாயுவாக மாறிக் காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து தீப்பற்றி வெடித்து, எரிகின்றது. அப்போது வெப்ப நிலை 2000°C-வரை ஏறி, அதன் அமுக்கம் 30 காற்றமுக்கம் வரை உயருகின்றது. இதனால் பிஸ்டன் முன்னோக்கி உந்தப் படுகிறது; சக்கரம் திரும்பவும் அரைவட்டம் சுற்றுகிறது.

நான்காம் நிலை: பிஸ்டன் பின்னோக்கி உந்தப்படும் போது, 3 என்ற கபாடம் மட்டும் திறப்பதால் சக்தியிழந்த, பயனற்ற, வாயுக் கலவை வெளியேற்றப்படுகிறது. இப் பொழுது சக்கரம் அடுத்த அரை வட்டத்தைச் சுற்றுகிறது. இதுபோல மேன்மேலும் அடுத்தடுத்து நான்கு நிலைகளும் தொடர்ந்து ஏற்படுவதால் சக்கரம் சுற்றிக்கொண்டே இருக்கும்.

இந்த எஞ்சினிலும் மூன்றுவது நிலையில்தான் எஞ்சின் ஆற்றலைப் பெறுகின்றது. இதனுடைய பயனுறு திறன் 35%. இந்த எஞ்சின் ஆட்டோ எஞ்சினை விடப்பெரியதாகவும் பளுவாகவும் இருந்தபோதிலும், மிகவும் சிக்கனமானது. ஏனெனில் இதன் விலை அதிகமாயிருந்த போதிலும் இதை இயக்குவதற்கு ஆகும் செலவு குறைவானதே. ஆகாய விமானங்கள் பெரும்பாலும் டீசல் எஞ்சின்களைக் கொண்டதே. இதில் தீப்பொறியோ அல்லது பெட்ரோல் போன்ற எளிதில் தீப்பற்றிக் கொள்ளக்கூடிய எரிபொருட்களோ உபயோகிக்கப் படுவதில்லை. ஆகவே, தீவிபத்துக்கள் ஏற்பட வழியில்லை.

சிறிய டீசல் எஞ்சின்கள், பெரிய டீசல் எஞ்சின்களைவிட விலையுயர்ந்தவை. இதனாலேயே சிறிய டீசல் எஞ்சின்கள் உபயோகத்திலில்லை. இதன் வேகம் மிகக் குறைவு. நிமிடத் திற்கு ஒரு பெரிய டீசல் எஞ்சின் 100 சுற்றுகளே சுற்றும். ஆனால் அதே நேரத்தில் ஒரு ஆட்டோ எஞ்சின் 3000 சுற்றுகள் சுற்றிவிடும். ஆகவே குறைந்த வேகத்தைப் பெற, டீசல் எஞ்சின்கள் உபயோகிப்பதே சிறந்தது. கப்பல்களில் இவ்வித எஞ்சின்கள் மிகவும் பயன் படுகின்றன.

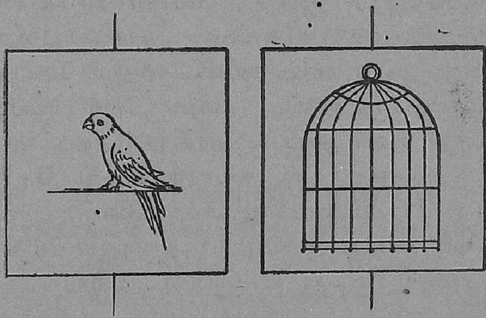
13. திரைப்படக் காட்சி

இன்றைய நர்கரிக உலகில் மக்களிடையே சிறந்த பொழுது போக்காக இருந்து வருவது, திரைப்படக்காட்சி (cinematography) என்பதில் ஐயமில்லை. மக்களுடைய வாழ் விலே பின்னிப் பிணைந்து கிடக்கும் இந்த ஒப்பற்ற விஞ்ஞானச் சாதனை சுமார் 60 ஆண்டுகளுக்கு முன் உருவாக்கப்பட்டதே ஆகும். மனித அவயவங்களின் மிகச் சிறந்ததான கண்ணில் இயல்பாக ஏற்பட்டுள்ள ஒரு ஊனத்தின் விளைவாகவே, திரைப்படக் காட்சி சாத்தியமாகி உள்ளது என்றால் நமக்கு ஆச்சரியமாக இருக்கிறது. இது உண்மை, நாம் ஊனக்கண் உள்ளவர்கள் !

நாம் ஒரு பொருளைப் பார்க்கும் போது அப்பொருளின் படிமம் விழித்திரையின் (retina) மேல் விழுகிறது. இந்தப் படிமம், விழித்திரையிலிருந்து மறைவதற்குச் சுமார் $\frac{1}{24}$ விநாடி ஆகிறது. இந்தக் கால அளவிற்குள்ளாக தீப்பொறிகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக நம் கண் முன் தென்படுமானால், ஒன்றன் படிமம் மறைவதற்குள் மற்றொன்றும், மற்றொன்றின் படிமம் மறைவதற்குள் பிறிதொன்றும் காணப்படுவதால், தொடர்ந்த நெருப்புக் கோடாக நமக்குத் தோன்றுகிறது. ஒன்றன்பின் ஒன்றாக வரும் தனித்தனித் தீப்பொறிகள் தொடர்ந்த நெருப் புக் கோடாகக் காணப்படுவதற்குக் காரணம் நம் கண்ணின் ஊனமேயாகும். நாம் அவைகளைத் தனித்தனித் தீப்பொறி களாகக் காண முடியாது. இக்குறைக்குப் பார்வை நீடிப்பு (persistence of vision) என்று பெயர்.

நம் கண்ணின் பார்வை நீடிப்பை விளக்க ஒரு சிறு பரி சோதனை செய்து காட்டலாம். அட்டைத் துண்டு ஒன்றை எடுத்து அதன் ஒரு புறம் ஒரு கிளியையும் மறுபுறம் கிளிக் கூண்டையும் வரைந்து, அட்டையின் மேலும் கீழும் ரப்பர் கயிற்றைக் கட்டி இழுத்துப் பிடித்துக்கொண்டு ஒரு கயிற்றைத் முறுக்கிவிட்டால் அட்டை சுற்றுவதைப் பார்க்கலாம் [படம் 52]. அட்டை வேகமாகச் சுற்றும்போது கூண்டுக்குள் கிளி இருப்

பது போல் தோன்றும். இதன் காரணம் என்ன? முதலில் கூண்டைப் பார்க்கிறோம். அதன் படிமம் நமது விழித்திரையி



படம் 52. அட்டையின் ஒரு புறம் கிளியின் படமும் மறுபுறம் கிளிக்கூண்டின் படமும்.

லிருந்து மறைவதற் குள்ளாகக் கிளியைப்பாக்கிறோம். இதனுல் கூண்டுக்குள் கிளி உட்கார்ந்து இருப்பது போல் தோற்றம் அளிக்கிறது.

ஒரு குதிரை நாலுகால் பாய்ச்சலில் ஓடும் போது அதன் இயக்கத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளை நாம் தனித்தனியே காண முடியாது. ஒருவன் ஓடும்போது அவனுடைய ஓட்டத்தி லுள்ள பல்வேறு பகுதிகளை நாம் தனித்தனியாகப் பார்த்து அறியும் திறமை நமக்குக் கிடையாது. ஆனல் மெய்ஸ்னர் (Meissonier) என்ற பிரபல ஓவியன், ஒரு குதிரை பாய்ந்து செல்லும் போது ஏற்படும் இயக்கத்தின் வெவ்வேறு பகுதி களைத் தனித்தனியாகக் கண்டு அறியும்படியான திறமை பெற் றிருந்தார். இவ்வாறு அவர் வெகு நுட்பமாகக் கண்டறிந்த இயக்கத்தின் பல் வேறு பகுதிகளைத் தனித்தனிப் படங்களாக வரைந்தார். அவரது நுட்ப அறிவுத் திறமையால் அவர் தீட்டிய அப்படங்களை பிரான்ஸ் தேசத்து மக்கள் பார்த்து, அவற்றின் நுட்பத்தை அறியாது அவரைப் பரிகாசம் செய் தார்கள். இதன் விளைவால் ஒரு பெரிய ஓவியன் என்ற நன் மதிப்பு 1872-ம் ஆண்டோடு அழிந்து விட்டது.

அதே ஆண்டில் ஆங்கிலேய ஒளிப்பட நிபுணரான (photographer), மியூ பிரிட்ஜ் (Muybridge) என்பவர் ஒரு

சிறந்த ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டார். இந்த ஆராய்ச்சிக்கு அடிப்படையாகக் கதையொன்று சொல்வதுண்டு. கலி போர் னியாவில் கவர்னராக இருந்த ஸ்டான்போர்ட் (Stanford) என்பவர் 25,000 டாலர் ப்ரிசு வழங்குவதாகப் பறைசாற்றினர். ஒரு குதிரை நாலுகால் பாய்ச்சலில் செல்லும் போது ஒரு சம யம் அதன் நாலுகால்களுமே தரைக்குமேல் உயர்ந்து விடு கின்றன என்று அவர் நம்பி வந்தார். இதற்கு மாருக நாலு கால்களும் ஒரே சமயத்தில் தரையை விட்டு மேலே போவ தில்லை என்று சொல்பவர்களும் பலர் உண்டு. இவ்விரண்டில் 'எது உண்மை' என்று கண்டுபிடிக்க முடியவில்லை. குதிரை பாய்ந்து செல்லும் போது எவ்வளவு உற்று நோக்கினுலும் இதைத் தீர்மானித்து முடிவுகட்டிவிட முடியாது. இதில் உண்மை காண வேண்டுமென்று ஸ்டான்போர்ட் கவர்னர் ஒரு பந்தயம் விடுத்தார். அந்தப் பந்தயத்தை ஏற்றுக் கொண்டு, மியூபிரிட்ஜ் என்பவர் ஒரு சாலையின் ஒரு ஓரத்தில் வரிசையாக 24 ஒளிப்படக் கருவிகளை (cameras) நிறுத்தி வைத்தார். சாலையின் குறுக்கே வரிசையாக 24 நூல்களைக் கட்டி ஒவ்வொரு நூலையும் ஒரு ஒளிப்படக் கருவியின் மூடி யோடு இணைத்தார். பின்பு ஒரு குதிரையை அந்தச் சாலை வழியே ஓடச்செய்தார். ஒவ்வொரு ஒளிப்படக் கருவிக்கு எதி ராகவும் குதிரை செல்லும்போது, நூல் அறுந்து போனதால், மூடி திறக்கப்பட்டு குதிரையைப் படம் பிடித்தது. இவ்வாருக 24 ஒளிப்படக் கருவிகளும் குதிரையின் ஓட்டத்தில் ஏற்படும் தனித் தனிப் பகுதிகளை வெவ்வேருகப் படம்பிடித்தன. குதிரை யின் ஓட்டத்தின் போது ஏற்படும் குதிரையின் பலப்பல தனித் தனியான விநோதத் தோற்றங்களை அப்படங்கள் எடுத்துக் காட்டின.

அவர் எடுத்த படங்கள் பலவற்றில் குதிரையின் நான்கு கால்களும் தரைக்கு மேலே இருந்தன. இதனுல் கவர்னர் வெற்றி பெற்ருர்.

ஒரு தொடர்ந்த இயக்கத்தின் தனித்தனிப் பகுதிகளை வெவ்வேருகப் படம் பிடித்து வெற்றிகண்ட மியூபிரிட்ஜ் பிரபல ஓவியனுன மெய்ஸ்னர் என்பவரின் அறிவுத் திறனைக்

கண்டு ஆச்சரியப்பட்டார். இவரது நுட்பமான அறிவுத் திறனை அறிந்துகொள்ள இயலாத மக்களிடத்தில் அவர் இழந்த நன்மதிப்பை மீண்டும் நிலைநாட்ட ஆவலுற்ருர். அவர் மெய்ஸ்னர் என்பவரை வரவழைத்து அப்போது பாரிஸ் நகரில் நடந்த கண்காட்சியில் அவர் தீட்டிய ஓவியங்களை விளம்பரம் செய்தார். மக்கள் அவரது அறிவுத் திறனை மெச்சிப் பாராட்டிப் புகழ்ந்தார்கள்.

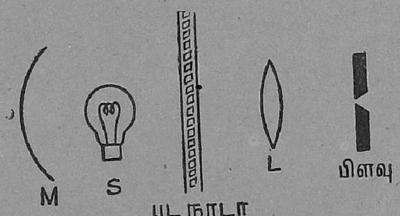
இன்று நாம் கண்டுகளிக்கும் திரைப்படக் காட்சிக்கு அடிகோலிய பெருமை மியூபிரிட்ஜ் என்பவருக்கே உரியது. மியூபிரிட்ஜ் என்பவர் எடுத்த இருபத்து நாலு படங்களையும் ஒரு உருளையின் வெளிப்புறம் வரிசையாக ஒட்டி, உருளையைச் சுற்றிவிட்டு, ஒரு துவாரத்தின் வழியாகப் படங்களைப் பார்த்தால் குதிரை பாய்ந்து செல்வது போன்ற காட்சியைக் காணலாம். இதுதான் திரைப்படக் காட்சியின் அடிப்படை.

இந்த அற்புதத்தைக் கண்ணுற்ற ஓவியர் ஒரு இயக்கத்தின் பல்வேறு பகுதிகளைக் காட்டும் படங்களை ஒன்றன்பின் ஒன்ருக ஒரு நீண்ட ஒளி ஊடுருவும் நாடாவில் வரைந்தனர். இந்த நாடாவை ஒரு ஒளியியற் கருவியில் (optical lantern) அமைத்துத் திரையின்மேல் படங்கள் விரைவாக ஒன்றன்பின் ஒன்று விழுமாறு செய்தால், தொடர்ந்த இயக்கத்தைத் திரையில் காணலாம். படங்களை எழுதுவதற்குப் பதிலாக ஏன் ஒளிப்படங்களைப் பிடிக்கலாகாது என்று கருதினுர்கள். ஒரு இயக்கத்தை விநாடிக்கு 24 படங்களாகப் பிடித்து, அவைகளின் உருவங்களை விநாடிக்கு 24 வீதம் ஒன்றன்பின் ஒன்ருகத் திரையில் விழச் செய்தால் தொடர்ந்த இயக்கத்தைக் காணலாம். இதைப் பலரும் கண்டு களிக்கலாம்.

அடுத்தபடியாக ஒளிப்படம் பிடிப்பதற்குக் கண்ணுடித் தகட்டிற்குப் பதிலாகச் சிறந்த சில பொருட்களைக் கொண்டு ஒளி ஊடுருவும் நாடாக்களை அமைத்தார்கள்.

பல ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக 1889-ஆம் ஆண்டில் ஒளிப்படத்திற்கு உகந்த ஒளி ஊடுருவும் செலுலாயிடு நாடாக்கள் (celluloid films) தயாரிக்கப்பட்டன.

இங்கிலாந்து தேசத்துப் பிரபல விஞ்ஞானியான தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் (Thomas Alva Edison) என்பவர் கினட்டோஸ்கோப் (kinetoscope) என்ற ஒரு கருவியை அமைத்தார். ஒரு செலுலாயிடு நாடாவின்மேல் ஒரு நிகழ்ச்சியின் பற்பல பாகங்களை விநாடிக்கு 24 ஒளிப்படங்களாகப் பதிவு செய்தார். அந்த நாடாவை மேலிருந்து கீழாக இறங்குமாறு அமைத்தார். S என்ற மின்சார விளக்கு இந்த நாடாவை ஒளி பெறச் செய்கிறது [படம் 53]. விளக்கின் பின்புறமாகச் செல்லும் ஒளிக் கற்றைகள் M என்ற குழியாடியால் (concave mirror) திருப்பப்பெற்று நாடாவை மேலும் ஒளிபெறச் செய்கின்றன. நாடாவின் மறுபுறம் ஒரு குவிவில்லை நிறுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. வில்லைக்கு அடுத்தாற்போல் அமைந்துள்ள ஒரு பிளவின்மூலம் நோக்கினல் நாடாவிலுள்ள படம் பெரிதாகக் காணப்படும். இக்குவிவில்லையானது நுண்ணோக்கியைப் போல் வேலை செய்கிறது.



படம் 53. எடிசன் கினட்டோஸ்கோப்

நாடாவானது மேலிருந்து கீழிறங்கும்போது விநாடிக்கு 24 படங்கள் வில்லையின் எதிரே வரும். பிளவானது எப்போதும் திறந்தே இராமல், வில்லைக்கு எதிரே படம் வரும் போது மட்டும் திறந்து இரண்டு படங்களுக்கு இடையில் மூடிக்கொள்ளுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆகவே, நாம் பிளவின்மூலம் பார்க்கும்போது முதலில் ஒரு படத்தைப் பார்க்கிறோம். அடுத்துப் பிளவு மூடிக்கொள்ளுகிறது; திரும்பவும் பிளவு திறக்கும்போது அடுத்த படத்தைப் பார்க்கிறோம். இவ்வாருக விநாடிதோறும் 24படங்களை ஒன்றன்பின் ஒன்ருகப் பார்க்கிறோம். இவை யாவும் சேர்ந்து ஒரு தொடர்ந்த நிகழ்ச்சியாகக் காட்சியளிக்கின்றன.

வில்லைக்கு எதிராக விநாடிக்கு 24 படங்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்று கீழிறங்குமாறு எடிசன் ஒரு புதிய அமைப்பைக்

கையாண்டார். நாடாவின் இரு ஓரங்களிலும் சமதூரத்தில் துளைகளை வரிசையாக அமைத்தார். மேலும் கீழும் அமைக்கப் பட்டுள்ள பற் சக்கரங்களின் பற்கள் இத்துளைகளைப் பற்றிக் கொள்ளுகின்றன. இதனால் நாடா விரைப்பாகவும் செங்குத் தாகவும் நிற்கிறது. பற் சக்கரங்கள் $\frac{1}{24}$ விநாடிக்கொரு தடவை ஓரளவு சுற்றுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனால் வில்லைக்கு எதிராக உள்ள படம் கீழிறங்க, அடுத்த படம் வில்லைக்கு எதிராக வருகிறது. இவ்வாறாக விநாடிக்கு 24 படங்கள் விட்டு விட்டு ஒன்றன்கீழ் ஒன்றாக வில்லைக்கு எதிராக வருகின்றன.

எடிசன் அமைத்த இந்தக் கருவியில் ஒரு குறைபாடு உண்டு. ஒருவர் மட்டும் ஒரு நேரத்தில் இப்படக் காட்சியைக் காணமுடியுமே தவிர, பலர் ஒரே நேரத்தில் கண்டு களிக்க முடியாது. ஒரு திரையின்மேல் படத்தை விழச்செய்து பலர் பார்த்து அனுபவிக்குமாறு புதியதோர் முறையை அமைத்த அறிஞர் பால் (Paul) என்பவர் ஆகும். அதே நேரத்தில் பிரான்ஸ் தேசத்தில் லூமியர்-எட்-பில்ஸ் (Lumiere et Fils) என்பவர் திரைப்படக் காட்சியை அமைத்தார். இவருடைய புதிய அமைப்புத்தான் முதன் முதலாக அமெரிக்காவுக்கு அனுப்பப்பட்டது.

பேசும்படம்: அசையும் படத்தின் அற்புதத்தைக் கண்ட மக்கள் அதில் நடிப்பவர்கள் பேசுவதையும் பாடுவதையும் கேட்க ஆவலுற்றார்கள். திரைப்படக் காட்சியில் ஒலியைப் புகுத்துவது எப்படி? முதன் முதலாகப் பேசும்படம் அமைத் தது எடிசனுடன் வேலை பார்த்து வந்த ஆங்கிலேயரான டிக்சன் (Dickson) என்பவரே. அசையும் படத்தையும், ஃபோனோகிராஃப் (phonograph) என்ற ஒலிப்பதிவுக் கருவி யையும் ஒன்று சேர்த்துப் பேசும்படம் அமைத்தார். ஃபோனோ கிராஃபில் ஒலியானது பதினாறு அங்குல விட்டமுள்ள உருளை யின் மேல் பள்ளங்களாகப் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. இந்த உருளை நிமிடத்திற்கு $33\frac{1}{3}$ சுற்றுகள் சுற்றும். படம் திரையில் விழும்போது உருளையும் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும். இதிலிருந்து

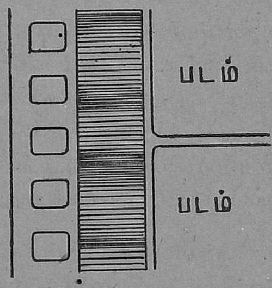
பதிவான ஒலி வெளிவருவதால் திரையில் காணப்படும் நடிகர்கள் பேசுவது போலவே தோன்றும்.

நடிப்பிற்கு ஏற்ப ஒலியானது ஒன்ற இணைக்கப்பட வேண்டும். பாடுபவர் உதட்டின் அசைவிற்கு ஏற்ப அவர் பாடும் சங்கீதம் இருக்க வேண்டும் அல்லவா? திடீரென நாடா அறுந்து விட்டால் படம் நின்றுவிடும். ஆனல் ஒலிமட்டும் கேட்டுக்கொண்டே இருக்கும். நாடாவைச் செப்பனிட்ட பிறகு படக்காட்சியைத் தொடர்ந்து காட்டும்பொழுது படங்களை ஒலியோடு ஒன்ற அமைப்பது கடினமாக இருக்கும்.

ஒலிப்பதிவு : தற்காலத்தில் நாடாவின் மேல் படங்களுக்கு அடுத்தாற்போல் ஓரமாக ஒலியைப் பதிவு செய்கிருர்கள். ஒலிப்பதிவின் அகலம் ஒரு அங்குலத்தில் பத்தில் ஒரு பாகம் இருக்கும். படம் திரையில் விழும்போது ஒலியும் வெளியாக்கப் படுகிறது. ஒலியைப்பதிவு செய்வதில் மாறு அடர்த்திமுறை (variable density method), மாறு பரப்பு முறை (variable area method) எனஇரண்டு முறைகளைக் கையாளுகிருர்கள்.

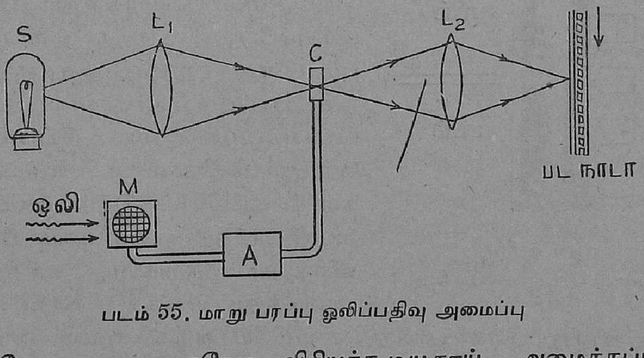
மாறு அடர்த்தி முறை : இம் முறையில் ஒலியானது அதன் அடர்த்திக்கேற்ப ஒளியாக மாற்றிப் பதிவு செய்யப்படுகிறது. ஒரு ஒலிவாங்கியின் (microphone) முன்னல் நாம் பேசும்போது ஒலிக்கு ஏற்ற மின்சாரம் உண்டாகிறது. இந்த மின்சாரத்தைக் கொண்டு ஒரு மின்சார விளக்கை எரியச் செய்கிருர்கள். மின்னேட்டம் அதிகமாக இருந்தால் விளக்கு பிரகாசமாக எரியும். மின்னேட்டம் குறைவாக இருந்தால் மங்கலாக எரியும். இதனல் விளக்கின் ஒளி ஒலியின் அடர்த்தியை ஒத்திருக்கும். விளக்கின் ஒளி ஒரு குவி வில்லையால் குவிக்கப்பெற்று மட்டமாக உள்ள ஒரு குறுகிய பிளவின் மூலம் செல்லும். பிளவிலிருந்து அப்பால் செல்லும் ஒளிக்கற்றை மேலிருந்து கீழ்முகமாக நகர்ந்து செல்லக்கூடிய நாடாவின் மேல் மட்டமான கோடாக விழுகிறது. ஒலியின் அடர்த்திக்குத் தகுந்தவாறு மங்கலான கோடுகளும் ஒளிமிகுந்த கோடுகளும் ஒன்றன்கீழ் ஒன்ருக நாடாவின்மேல் விழும். ஒளிப்படம் பிடிப்

பது போல இந்த ஒளிக்கோடுகள் பதிவு செய்யப்படுகின்றன [படம் 54]. இந்த ஒலிப்பதிவைப் பார்க்கும்போது சில இடங்களில் ஒளி மிகுந்த கோடுகள் நெருக்கமாகவும் சில இடங்களில் மங்கலான கோடுகள் நெருக்கமாகவும் பரவலாகவும் மாறி மாறி அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். படத்தில் ஒளிக்கோடுகள் அமைந்திருப்பது காட்டப்பட்டிருக்கிறது.



படம் 54.
மாறு அடர்த்தி ஒலிப்பதிவு

மாறு பரப்புமுறை: முன் விவரித்த முறையில் ஒலியானது அதற்குத்தகுந்த அளவுள்ள விளக்கின் ஒளியாக மாற்றப்படுகிறது. இம்முறையில் அப்படியல்ல. விளக்கின் பிரகாசம் மாருமல் ஒரே தன்மையாக இருக்கும். இந்த விளக்கின் ஒளி ஒரு குறுகிய பிளவின் வழியாகச் சென்று நாடாவின்மேல் விழுகிறது. ஒலிக்கு ஏற்றவாறு பிளவு அதிக

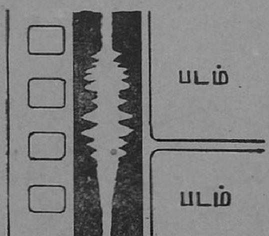


படம் 55. மாறு பரப்பு ஒலிப்பதிவு அமைப்பு

மாகவோ குறைவாகவோ விரியக்கூடியதாய் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அடர்த்திமிகுந்த ஒலி உண்டாகும் போது பிளவு அதிகமாக விரிவதால், நாடாவின் மேல் விரிந்த பரப்பில் ஒளி விழும்; அடர்த்தி குறைந்த ஒலி உண்டாகும்போது பிளவு சிறிதளவே விரியும். இதனால் சிறிதளவு பரப்பிலேயே நாடாவின்மேல் விளக்கின் ஒளி விழுகிறது. படம் 55-ல் காட்டியபடி

டுராலியம் (duralium) என்ற உலோகத் தகட்டினுல் C என்ற பிளவு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. M என்ற ஒலிவாங்கியின் முன்னுல் நாம் பேசும்போது, ஒலி அலைகள் ஒலிவாங்கியின் தகட்டை அதிர்வுறச் செய்கின்றன. இவ்வதிர்ச்சியால் இதில் பாயும் மின்னேட்டம் அளவில் மாறுகின்றது. இந்த மாறு மின் சாரம் ஒரு பெருக்கியின் (amplifier) மூலம் செலுத்தப்படுகிறது. இதனுல் மின்னேட்டம் வெகுவாக வலுவடைகிறது. வலுவுற்ற மின்னேட்டம் C என்ற பிளவின் மூலம் பாயுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

நாம் உரக்க உச்ச சுரத்தில் பாடும்போது அதிகமான மின்னேட்டம் ஏற்படுவதால் பிளவு அதிகமாக விரிகின்றது. மெதுவாகத் தாழ்ந்த சுரத்தில் பாடும்போது பிளவு குறைவாகவே விரிகின்றது. S என்ற விளக்கிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை L_1 என்ற வில்லையினுல் பிளவின்மேல் குவியப் பெறுகின்றது. பிளவிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை வேருெரு வில்லையால் நாடாவின் மேல் குவியப் பெறுகிறது. பிளவு விரியும்போது பரந்த ஒளிப்பரப்பும், பிளவு குறுகும்போது குறுகிய ஒளிப்பரப்பும் நாடாவில் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. இப்பதிவை ஒளிப்படம் போல் படம் எடுக்கிருர்கள் [படம் 56]. இந்த ஒலிப்பதிவைப் பார்த்தால் ஒளிபுகும் பரப்பு விரிந்தும் குறுகியும் மாறிமாறி அமைந்துள்ளதைக் காணலாம். அதிகப் பரப்புள்ள பாகத்தின் வழியே அதிக அளவு ஒளியும், குறைந்த பரப்புள்ள பாகத்தின்வழியே குறைந்த அளவு ஒளியும் நாடாவின் மூலம் ஊடுருவிச் செல்லுமல்லவா ?



படம் 56.
மாறு பரப்பு ஒலிப்பதிவு

பதிவுசெய்யும்போது படங்களைத் தனியாகவும், ஒலியைத் தனியாகவும் வெவ்வேறு நாடாக்களில் படம் பிடிக்கிருர்கள். ஒளிப்பட நாடாக்களைத் தயார்செய்து வெளியிடும் நிலையில்

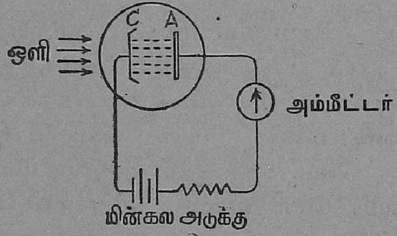
படத்தையும், ஒலியையும் ஒரே நாடாவில் பதிவு செய்வார்கள். இதுபோன்று பல படிகள் எடுத்துப் பல இடங்களுக்கும் அனுப்புகிருர்கள்.

திரும்பி வெளியிடுதல் (Reproduction): ஒலியைத் திரும்பி வெளியிடும்போது, நாடா ஒரேவேகத்தில் மேலிருந்து கீழே இறங்குகிறது. இதன் முன்புறமுள்ள மின்சார விளக்கின் ஒளி நாடாவின் மீதுள்ள ஒலிப்பதிவின் மேல் குவியப் பெறு கிறது. நாடாவில் பாய்ந்து வெளிவரும் ஒளி ஒரு ஒளிமின் கலத்தின் (photo-electric cell) மேல் விழுந்து மின்சாரமாக மாற்றப்படுகிறது. இம் மின்சாரம் ஒலி பெருக்கியின் (loud speaker) மூலம் பாய்ந்து ஒலியை உண்டாக்குகிறது.

ஒளி மின்கலம்: சில உலோகங்களின் மேல் ஒளிக்கற்றை பட்டால் அவ்வுலோகங்கள் எலெக்ட்ரான்களை (electrons) வெளிவிடுகின்றன. பொட்டாசியம் (potassium), ருபீடியம் (rubidium), சீசியம் (caesium), ஸ்ட்ராஞ்சியம் (strontium), பேரியம் (barium) போன்ற உலோகங்களின் மேல் ஒளிக் கற்றை விழுந்தால் எலெக்ட்ரான்கள் வெளியிடப்படுகின்றன. இந்த உலோகங்களில் சீசியம் என்ற உலோகமே பேரளவில் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகிறது. இந்த உலோகம் வெள்ளி யைப் போல் வெண்ணிற முடையது. இந்த உலோகமே ஒளிமின் கலத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

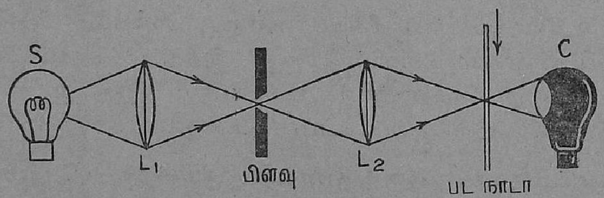
ஒளிமின்கலம் ஒரு கண்ணாடிக்குமிழைக் கொண்டது. இதன் ஒருபுறம் சீசியம் படிந்துள்ள C என்ற வெள்ளித் தகடு பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இத்தகடே எதிர்மின்வாய் (cathode) எனப்படும். இதற்கு எதிராகவுள்ள A என்ற கம்பிவலை நேர்மின்வாய் (anode) ஆகும். குமிழிலுள்ள காற்று பூராவும் நீக்கப்பட்டு ஆர்கான் (argon) போன்ற மந்தவாயு அடைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒருமின்கல அடுக்கு, ஒரு மின்தடை, ஒரு அம்மீட்டர் (ammeter) இவைகள் வரிசையாக ஒளி மின் கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்கல அடுக்கின் எதிர் முனை C என்ற எதிர் மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்கற்றை எதிர்மின்வாயின்மேல் விழுந்ததும் எலெக்ட் ரான்களை விடுவிக்கின்றது. இவை நேர் மின்சாரங்கொண்ட

கம்பி வலையால் கவரப்படுகின்றன. இதனால் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டத்தின் அளவை அம்மீட்டரில் காணலாம். குறைந்த அளவு ஒளி சீசியத் தகட்டில் பட்டால் குறைந்த அளவு மின்னோட்டமும், அதிக அளவு ஒளி பட்டால் அதிக அளவு மின்னோட்டமும் உண்டாகின்றது. ஆகவே, ஒளி மின்கலம் ஒளியை அதன் அளவிற்குத் தகுந்த மின்னோட்டமாக மாற்றுகிறது.



படம் 57. ஒளிமின்கலம்

ஒலியைத் திரும்பி வெளியிடும் அமைப்பு படம் 58-ல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. S என்ற மின்சார விளக்கிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை L_1 என்ற குவிவில்லையினால் மட்ட



படம் 58. ஒலிப்பதிவிலிருந்து ஒலி பிறத்தல்

மாகவுள்ள பிளவின்மீது குவியப் பெறுகிறது. பிளவிற்கு அப்பால் வரும் ஒளிக்கற்றை வேறொரு குவிவில்லையினால் மேலிருந்து கீழிறங்கும் நாடாவின் மீதுள்ள ஒலிப்பதிவில் குவியப்பெறுகிறது, ஒலிப்பதிவிலுள்ள ஒளிக்கோடுகளின் அடர்த்திக் கேற்றவாறோ அல்லது ஒலிப்பதிவின் பரப்பிற் கேற்றவாறோ, நாடாவிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை ஒளிமிகுந்தோ அல்லது குறைந்தோ இருக்கும். வெளிவரும் இவ்வொளிக்கற்றை C என்ற ஒளிமின்கலத்தின் மேல் விழுந்து மின்சாரமாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த மின்சாரம்

மின்னுருக் குழாய்களால் (valve) அதிகமாகப் பெருக்கப்பட்டுக் கடைசியாக ஒலி பெருக்கியின் மூலம் பாய்கிறது. ஒலிபெருக்கி திரையின் பின்புறமாக அமைக்கப்பட்டிருப்பதால், திரைப்படக் காட்சியைப் பார்ப்பவர்களுக்கு நடிகர்களே பேசுவது போலவும், பாடுவது போலவும் தோன்றுகிறது. படக்காட்சியில் நாம் காண்பதெல்லாம் மாயைதான் என்றால் அது மிகப்பொருத்த மாக இருக்கும்.

*

14. வானொலி

வானொலி (radio) இன்றைய நாகரிக வாழ்க்கைக்கு இன்றி யமையாததாகிவிட்டது. ஆனால் அதன் அருமை பெருமைகளை நம்மில் எத்தனைபேர் நன்கறிவர்? வெகு சிலருக்கே அதன் அடிப்படை நுட்பங்கள் நன்றாகத் தெரியும். ஏனையோர்க்கு அது ஒரு புதுமைப் பொருள், அவ்வளவுதான்.

வானொலிப் பெட்டிமூலம் நாம் கேட்கும் பேச்சுகளும், பாடல்களும், பிற நிகழ்ச்சிகளும் வானொலி நிலையத் திலிருந்து ஒலிபரப்பப்படுகின்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். தமிழ்நாட்டில் சென்னையிலும் திருச்சியிலும் வானொலி நிலையங்கள் அமைந்துள்ளன. அங்கிருந்து ஒலி பரப்பப்படும் நிகழ்ச்சிகளை நம் வீடுகளில் அப்படியப்படியே கேட்கிறோம். இது எவ்வாறு முடிகின்றது?

ஒலி பரப்பும் நிலையத்தினுள் ஒருவர் பாடும் ஒலியானது அந்த அளவிலேயே வெகுதூரம் செல்லாது. ஒலி செல்லும் வேகம் விநாடிக்கு 1100 அடிகள்தான். சென்னைக்கும் திருச் சிக்கும் இடையே உள்ள தூரம் ஏறக்குறைய 200 மைல். சென்னையிலிருந்து ஒருவர் பாடுகிற குரல் ஒலி திருச்சிக்குக் கேட்க நியாயமில்லை. யாரும் அதை எதிர்பார்க்கவும் மாட்டார்கள். அப்படியே அந்தப் பாட்டொலி யானது திருச்சிவரை வந்தெட்டுகிறது என்று வைத்துக்கொண்டாலும், அப்படி வந்து சேருவதற்கு 15 நிமிடங்களாகும். ஆனால், வானொலி மூலம் ஒலியை உடனுக்குடனே, மின்னலொளியைப் பார்ப்பது போலக் கேட்கமுடிகின்றது. ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு 3×10^{10} செ.மீ., அல்லது விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள். மின்காந்த அலைகளின் (electro-magnetic waves) வேகமும் அதுவே. இந்தத் தொடர்பை அறிந்த விஞ்ஞானி கள் ஒலியை மின்சாரமாக மாற்ற முடியுமாவென்று ஆராய்ந் தார்கள்; மாற்றியும் விட்டார்கள், அந்த அரிய சாதனையின் விளைவே வானொலி என்று ஒருவாறு சுருக்கமாகக் கூறலாம்.

ஒலி அலைகள் மின்காந்த அலைகளாக மாற்றப்பட்டு வான வெளியில் அனுப்பப்படுகின்றன. பின் அவற்றைக் கிரகித்துத் திரும்பவும் ஒலி அலைகளாக மாற்றுவதே வானொலியின் அடிப் படைத் தத்துவமாகும். இதை 1895-ம் ஆண்டு மார்க்கோனி (Marconi) என்பவர் முதன்முதலாகச் செய்து காண்பித்தார்.

ஒலி பரப்பியும் (transmitter), ஏற்பியும் (receiver) வானொலியின் இரு முக்கிய பாகங்களாகும். ஒலி பரப்பு நிலை யத்தில் ஒருவர் பாடும் ஒலியானது, மின்காந்த அலைகளாக மாற்றப்பட்டு ஏரியல் கம்பிமூலம் வானவெளியில் அனுப்பப் படுகின்றது. இந்த அலைகள் ஏற்பியுடன் இணைக்கப்பட் டிருக்கும் ஏரியலில் மோதி, மின்சாரமாக ஏற்பியை அடை கின்றன. அங்கு அவை திரும்பவும் ஒலி அலைகளாக மாற்றப் பட்டு நம்மை மகிழ்விக்கின்றன.

ஒரு மணியை அடிக்கும்போது அதிலிருந்து ஒலி அலைகள் உண்டாகி நாலு பக்கங்களிலும் பரவிச் செல்லுகின்றன. அவ்வாறே பரப்பியிலிருந்து மின்காந்த அலைகள் வான வெளியில் பரவிச் செல்லுகின்றன. நீரின் பரப்பில் பரவிச் செல்லும் அலைகளைப்போலவே மின்காந்த அலைகளும் வான வெளியில் பரவிச் செல்லுகின்றன. ஒரு குளத்தில் ஒரு கல்லைப் போட்டால் நீரின் மேற்பரப்பில் சிறுசிறு அலைகள் பரவு வதைக் காணலாம். அவ்வலைகளின் ஏற்றத் தாழ்வுகள், மேடு பள்ளங்களாக மாறி மாறித் தோன்றுவதைக் காண்கிறோம். அவை அலையின் பகுதிகள். அவற்றை முகடு, அகடு (crest and trough) எனலாம். அடுத்தடுத்த இரு முகடுகளுக் கிடையே உள்ள தூரம், அடுத்தடுத்த இரு அகடுகளுக்கிடையே உள்ள தூரத்திற்குச் சமமாக உள்ளது. இத்தூரமே அலை நீளம் (wave-length) எனப்படும். அலைநீளத்தை λ என்ற எழுத்தால் குறிப்பது வழக்கம். ஒரு விநாடியில் வெளி வீசப்படும் அலைகளின் எண்ணிக்கை அவ்வலையின் அலை வெண் (frequency) எனப்படும். அலையின் அலைவெண்ணை n எனவும், அலையின் வேகத்தை c எனவும் கொண்டால்,

$$c = n\lambda$$
$$\therefore n = \frac{c}{\lambda}$$

ஒரு வானொலி நிலையத்திலிருந்து அனுப்பப்படும் அலைகளின் நீளம் 400 மீட்டர் என்றால், அவ்வலைகளின் அலைவெண்.

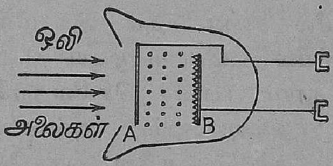
$$n = \frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{3 \times 10^{10}}{400 \times 100} = 0{\cdot}75 \times 10^{6}$$
$$\doteq \text{விநாடிக்கு } 750 \times 10^{3} \text{ சுழற்சிகள்.}$$
$$\doteq 750 \text{ ஆயிரம் சுழற்சிகள்/விநாடி.}$$

15 மீட்டர் நீளமுள்ள அலையின் அலைவெண், விநாடிக்கு 20×10^{6} சுழற்சிகள் ஆகும். இவ்வாறே அலைவெண்ணைக் கொண்டும் அலைநீளத்தைக் கணிக்கலாம்.

வானொலி அலைகளில் 13 மீட்டரிலிருந்து 90 மீட்டர் வரை அலைநீளம் கொண்ட அலைகளுக்குக் குற்றலைகள் (short waves) என்றும், 190 மீட்டரிலிருந்து 555 மீட்டருக்குச் சற்று மேற்பட்ட அலைகளுக்கு நடுத்தர அலைகள் (medium waves) என்றும், 750 மீட்டருக்கு அதிகமான அலைகளுக்கு நெட்டலைகள் (long waves) என்றும் பெயர்.

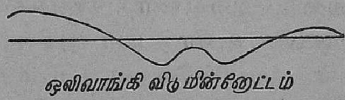
வெவ்வேறு நிலையங்களிலிருந்து அனுப்பப்படும் அலைகள் வெவ்வேறு அலை நீளங்களை உடையதாயிருக்கும். இதனால் அவற்றை வேறுபடுத்திக் கிரகித்து அறிந்துகொள்ள முடிகிறது. அமெரிக்காவிலுள்ள ஒரு நிலையத்திலிருந்து வெளிவரும் அலைகளின் அலைவெண்ணுக்கும், மற்றொன்றிலிருந்து அனுப்பப்படும் அலைகளின் அலைவெண்ணுக்கும் விநாடிக்கு 10 ஆயிரம் சுழற்சி வித்தியாசம் இருக்குமாறு அமைத்துள்ளார்கள். அவ்வாறே ஐரோப்பாவில் 9 ஆயிரம் சுழற்சி வித்தியாசம் இருக்குமாறு ஏற்பாடு செய்துள்ளார்கள். நெட்டலைகளும், நடுத்தர அலைகளும் குறைந்த தூரம் ஒலி பரப்புவதற்கும், குற்றலைகள் நெடுந்தொலைவிற்கு ஒலி பரப்புவதற்கும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

ஒலிபரப்பு: வானொலி நிலையத்தில் ஒருவர் பாடும் பொழுது அப்பாட்டொலியானது ஒலிவாங்கி (microphone) என்னும் கருவியால் கிரகிக்கப்படுகிறது. ஒலியானது நம்



படம் 56. ஒலிவாங்கி

குரல்நாண்(vocal cord)களின் அதிர்விலிருந்து பிறக்கின்றது. நாம் உரக்கப் பாடும் பொழுது குரல் நாண்கள் வேகமாகவும், மெதுவாகப் பாடும் பொழுது மெதுவாகவும் அதிர்ச்சியுறுகின்றன. குரல் நாண்களின் அதிர்ச்சியிலிருந்து பிறக்கும் ஒலி, அலைகளாகக் காற்றில் பரவுகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். பாடுபவரின் ஒலியலைகள் ஒலிவாங்கியில் பட்டவுடன் அதிலுள்ள A என்ற கரித்தகடு அதிர்ச்சியுறுகின்றது [படம் 56]. ஒலியலைகளின் வன்மைக் கேற்றவாறு அதிக



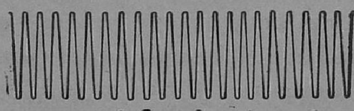
படம் 60. ஒலிவாங்கியில் ஏற்படும் மின்னோட்டம்

மாகவோ, குறைவாகவோ தகடு முன்னும் பின்னுமாக அதிர்ச்சி அடைவது இயல்பே. இத்தகட்டிற்குப் பின்னால் மற்றொரு தகடும், இவ்விரண்டிற்கும் இடையே கரித்தூளும் போடப்பட்டுள்ளன. ஒலி வாங்கியில் மின்சாரம் பாயுமாறு இருதிருகுகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தகடு முன்னும் பின்னுமாக அதிர்வுறும் போது கரித்தூள்களின் மின்தடை ஒரேயளவாக இல்லாது மாறுதல் அடைகின்றது. இதனால் மின்னோட்டத்தின் அளவு மாறுதலுக்கு உட்படுகின்றது. மின்னோட்டத்தின் மாறுதல் ஒலியலைகளுக்கு ஒத்தவாறு இருக்கிறது. சங்கீத ஒலியின் ஒரு சிறு பகுதிக்கு ஏற்ப மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மின் அலையின் அமைப்பு படம் 60-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அவ்வொலி அலைகளின் மாறுபாடு இம் மின்னலையின் உருவப் படத்தில் அச்சு வார்த்தது போல் அமைந்திருப்பதாகக் கொள்ளலாம்.

ஒலி வாங்கியில் உண்டாகும் இம் மின்னலைகளை அப்படியே வானவெளியில் ஒலிபரப்பமுடியாது. ஏனெனில் அவ்வலைகள் வெகு தூரம் பரவிச் செல்வதற்கேற்ற ஆற்றல் வாய்ந்தனவல்ல. அல்லாமலும் அவ்வலைகளின் அலைவெண் ஒலியின் அலைவெண்ணை ஒத்ததே; இது சுமார் 200 முதல் 4000 வரை உள்ளது. இம்மின்னலைகளை அப்படியே ஒலி பரப்புவதென்ருல், எல்லா ஒலி பரப்பு நிலையங்களும் இந்த ஒரே அளவான அலைவெண் கொண்ட மின் அலைகளைத் தானே பரப்பமுடியும்? ஒரேவிதமான பல மின்னலைகளை ஒன்ருக வான வெளியில் பரப்பும் போது, திருச்சி ஒலிபரப்பு என்ருே, சென்னை ஒலிபரப்பு என்ருே நாம் வேறு படுத்திக் கிரகிக்க முடியாது. எல்லாம் ஒரே இரைச்சலைத்தான் உண்டு பண்ணும்.

இதனுல் ஒலி அலைவெண் கொண்ட மின்அலைகளை அப்படியே பரப்புவதில்லை. இவைகளைத் தாங்கிச் செல்ல ஊர்தி அலைகளை (carrier waves) உண்டுபண்ணுகிருர்கள். இவற்றை மின்னுருக்குழாய்கள் தயாரிக்கின்றன [படம் 61]. இவ்வலைகள் வலுவுற்றனவாகவும் ஒரே அளவான வீச்சு (amplituede)

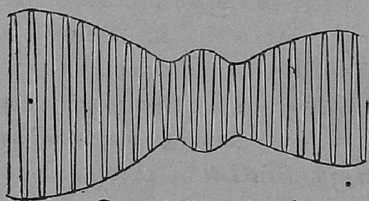


படம் 61. ஒரே வீச்சுள்ள ஊர்தி அலைகள்

உள்ளனவாகவும் அமைந்திருக்கும். இவற்றின் அலைவெண் லட்சக்கணக்கான அளவுள்ளதாக இருக்கும். உதாரணமாக. திருச்சி வானெலி நிலைய ஊர்தி அலைகளின் அலைவெண் 7,70,000 (770 ஆயிரம் சுழற்சி / விநாடி). அதாவது விநாடி தோறும் இந்த எண்ணிக்கையுள்ள முழு அலைகள்

வானில் பரப்பப் படுகின்றன. இந்த ஒலிபரப்பை 390 மீட்டர் என்று அலை நீளத்தாலும் குறிப்பிடுவதுண்டு.

இணங்கிய அலைகள் : ஒலிவாங்கியில் உண்டாகும் மின் அலைகள் ஊர்தி அலைகளுடன் இணைக்கப் படுகின்றன. இதனால் ஊர்தி அலைகளின் அமைப்பு ஓரளவு மாறுதல் அடை

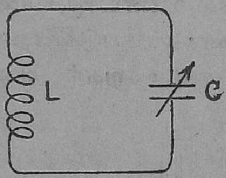


படம் 62. இணங்கிய அலைகள்

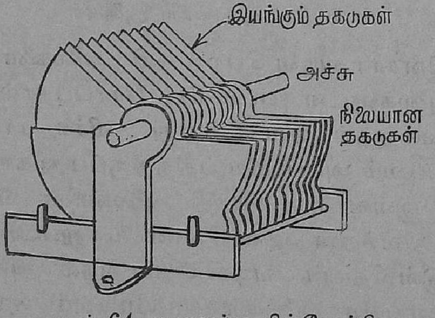
கின்றது. மின்சார வடிவு பெற்ற ஒலி அலைகளை [படம்–60] இவ்வூர்தி அலைகளுடன் [படம்–61] சேர்ப்பதால் ஊர்தியலைகளில் வீச்சு மாறுதல் அடைகின்றது. வீச்சு மாறுதலில் ஒலியலைகளின் வடிவம் அப்படியே பதிந்திருப்பது காணத் தக்கது [படம்-62]. இவ்வாறாக, ஊர்தி அலைகளின் வடிவம் மாறுபட்டாலும் அவற்றின் அசைவெண் மாறுபடாமலே இருக்கின்றது. இவ்விதமாக வடிவில் மாறுதல் அடைந்த அலைகளுக்கு, இணங்கிய அலைகள் (modulated waves) என்று பெயர். இந்த இணங்கிய அலைகள் தகுந்தவாறு வலுவூட்டப் பெற்று பரப்பியிலிருந்து வான வெளியில் வீசப்படுகின்றன.

ஒலியேற்றல் : பல நிலையங்களிலிருந்து அனுப்பப்பட்டு வான வெளியில் வியாபித்திருக்கும் வானொலி அலைகள் ஏற்பியின் ஏரியல் கம்பியின்மீது மோதுகின்றன. இவற்றினின்று ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையத்து அலைகளை வேறுபடுத்திக் கிரகிக்க ஒரு சாதனம் அவசியம். இதற்கு ஒன்றிப்புச் சுற்று (tuning circuit) என்று பெயர் [படம் 63]. இது L-என்ற ஒரு மின் தூண்டுசுருளையும் (inductance), C என்ற ஒரு மாறவல்ல மின் ஏற்பியையும் (variable coudenser) கொண்டது. இந்த மின்னேற்பி அடுக்கடுக்காக உள்ள இரு தகட்டுத் தொகுப்புகளாலாகியது [படம் 64]. அதில் ஒரு தொகுப்பு நிலையாய்

இருக்குமாறும், மற்றது ஓர் அச்சைச் சுற்றி, முன்னதைத் தொடாமல் சுழலுமாறும் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. மின்னேற்பி மின்சாரத் தைச் சேமிக்கும் வன்மை வாய்ந்தது. இயங்கு தகடுகள் நிலையான தகடு களுக்கிடையில் சிறிதளவு மட்டுமே உள்ளே சென்றால், மின்னேற்பியின் கொள்ளளவு (capacity) குறைவா கவே இருக்கும். அதிகமாக உள்ளே செல்லுமானால் கொள்ளளவு அதிக மாகும். இவ்வாறாக மின்னேற்பியினது மின்சாரத்தைச் சேமிக் கும் வன்மையை மாற்றலாம். ஒரு தூண்டு சுருள், ஒரு மின்



படம் 63. ஒன்றிப்புச் சுற்று



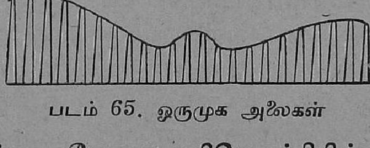
படம் 64. மாறவல்ல மின்னேற்பி

னேற்பி இவைகளால் ஆகிய ஒரு மின்சுற்றுக்கு ஒரு இயல்பான அலைவெண் உண்டு. ஒரு வீணைக்கம்பிக்கு இயல்பான அலை வெண் இருப்பது போலவே, இந்த மின் சுற்றிற்கும் இயல் பான அலைவெண் உண்டு. கம்பியின் அலைவெண் அதன் நீளத்தையும் கனத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. ஆனால் இந்த மின்சுற்றின் அலைவெண் தூண்டு சுருளின் தூண்டுதிறனையும் (self-inductance) மின்னேற்பியின் கொள் அளவையும் பொறுத்துள்ளது. மின் ஏற்பியின் கொள்ளளவை C எனவும், தூண்டு சுருளின் தூண்டுதிறனை L–எனவும் கொண்டால், மின்சுற்றின் அலைவெண்,

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

இதிலிருந்து, மின்னேற்பியின் கொள்ளளவை மாற்றினல் மின் சுற்றின் அலைவெண் மாறுதல் அடையும் என அறிகிறேம். இவ்வாறு அலைவெண்ணை மாற்றுவதற்கு வானெலிப்பெட்டியிலுள்ள குமிழை (knob) நாம் திருப்புகிறேம். அவ்வாறு திருப்பும்போது, நாம் மின்னேற்பியின் கொள்ளளவை மாற்றுகிறேம். ஒரு நிலையத்திலிருந்து வரும் அலைகளைக் கிரகிக்கும் போது, குமிழைத் திருப்பி, மேற்சொன்ன மின்சுற்றின் அலைவெண்ணை மாற்றுகிறேம். மின்சுற்றின் அலைவெண்ணும், கிரகிக்கப்படவேண்டிய அலைகளின் அலைவெண்ணும் ஒன்றுக இருப்பின், மின்சுற்றில் அதிக அளவு மின்னேட்டம் தூண்டப்படுகிறது. இதனலேயே இம் மின்சுற்றை ஒன்றிப்புச் சுற்று என்று சொல்லுகிறேம். ஏரியல் கம்பியில் விழும், மற்ற அலைவெண்கள் கொண்ட அலைகளால் மின்சுற்றில் தூண்டப்படும் மின்சாரம் சொற்ப அளவாகவே இருப்பதால் அவை கிரகிக்கப்படுவதில்லை.

ஒருமுகப்படுத்தல் : இவ்வாறு ஒன்றிப்பினல் தூண்டப்பட்ட மின்சாரம் மின்னுருக் குழாய்களால் அதிக அளவு வலுவூட்டப்படுகின்றது. இவ்விதம் வலுவூட்டப்பட்ட மின்சாரம் மாறுமின்சாரமாகவும், கிரகிக்கப்பட்ட அலைகளைப் போன்று அதே அலைவெண் கொண்டதாகவும் இருக்கிறது.

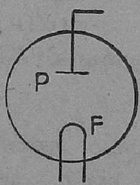


படம் 65. ஒருமுக அலைகள்

இந்த மின்சாரத்தை நேராக ஒலிபெருக்கியின் மூலம் செலுத்தினல் அதிலிருந்து ஒலி வராது. ஏனெனில், மாறுமின்சாரத்தின் நேர் மின்சாரமும், எதிர்மின்சாரமும் தொடர்ந்து விநாடிக்கு லட்சக்கணக்கில் மாறி மாறிப் பாய்கின்றன. ஒலிபெருக்கித் தகட்டை நேர்மின்சாரம் ஒரு பக்கமும், எதிர் மின்சாரம் மறு பக்கமும் விநாடிதோறும் லட்சக் கணக்கான தடவைகள் இயக்குமாதலால், தகட்டிலிருந்து ஒலி பிறக்காது. தகடு ஒலிக்க வேண்டுமானல் படம் 65-ல் காட்டியபடி

இணங்கிய அலைகளின் ஒரு பகுதி நீக்கப்படவேண்டும். அப்போது ஒரேமுகமான மின்சாரம் தகட்டை இயக்க ஏதுவாகும். இதற்காகவும் மின்னுருக் குழாய்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு, இணங்கிய அலைகளின் ஒரு பகுதியை நீக்குவதற்கு ஒருமுகப் படுத்தல் (rectification) என்று பெயர். ஆகவே, இவ்வாருகச் சீராக்கப் பட்ட அலைகள் ஒருமுக அலைகள் (rectified waves) எனப்படும்.

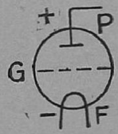
மின்னுருக்குழாய் இணங்கிய அலைகளை ஒருமுகப் படுத்துவதைச் சற்று ஆராய்வோம். மின்னுருக் குழாயை முதன் முதலாக அமைத்தவர் லீ டீ ஃபாரெஸ்ட் (Le De Forest) என்பவர். இவர் அமைத்த மின்னுருக் குழாய்க்கு இருமுனைக் குழாய் (diode) என்று பெயர். காற்று நீக்கப்பட்ட கண்ணுடிக் குமிழின் அடிப் பாகத்தில் F என்ற ஒரு கம்பியிழை (filament) பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இதில் மின்சாரம் பாயும் போது எலெக்ட்ரான்கள் (electrons) வெளிவருகின்றன. இவை எதிர் மின்னூட்டம் (negative charge) கொண்டவை. எதிராகவுள்ள P என்ற தகட்டை ஒரு மின்கல அடுக்கின் (battery) நேர்முனையுடன் இணைத்தால், தகடு நேர் மின்னூட்டம் கொண்டதாக அமையும். அப்போது கம்பியிலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் கவர்ச்சிக்கப் பட்டுத்தகட்டை அடையும். இதையே மின்னேட்டம் என்கிருேம். இதற்கு மாருக, தகடு எதிர் மின்னூட்டம் கொண்டதாக அமையுமானுல், எலெக்ட்ரான்களைக் கவர்ச்சிக்காது. அவைகளை விலக்கித்தள்ளும். எனவே மின்னேட்டம் தடைப்பட்டு விடுகிறது. ஒரு திசையில் மட்டும் மின்னேட்டத்தைப் பாய்வித்து, எதிர் திசையில் பாயாமல் தடுக்கின்றது.



படம் 66.
இருமுனைக் குழாய்

அடுத்த படியாக மும்முனைக் குழாய்கள் (triode) அமைக்கப்பட்டன. இதில் G என்ற கம்பி வலையை (grid) அமைத்தார்கள். வானெலிப் பெட்டியில் கிரகிக்கப்பட்டு வலுவூட்டப்பட்ட மின்சார அலைகள் இக்கம்பி வலையுடன் இணைக்

கப்படும். இதனால் கம்பிவலை நேர் மின்சாரம் கொண்ட தாகவும் எதிர்மின்சாரம் கொண்டதாகவும் மாறி மாறி இயங்கும். நேர் மின்சாரம் கொண்டபோது தகடும் கம்பிவலையும்

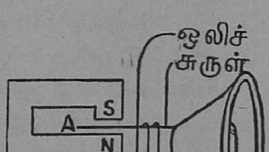


படம் 67. மும்முனைக் குழாய்

சேர்ந்து எலெக்ட்ரான்களைக் கவர்ச்சிப்பதால் எலெக்ட்ரான்கள் பேரளவில் தகட்டை அடையும். கம்பிவலை எதிர் மின்சாரம் கொண்டபோது, அது எலெக்ட்ரான்களை விலக்கித் தள்ளும். இதனால் சிறிதளவு எலெக்ட்ரான்களே தகட்டால் கவரப்பட்டுத் தகட்டை அடையும். இந்த மும்முனைக் குழாயும் இணங்கிய அலைகளை ஒரு முகப்படுத்தப் பயன்படுகிறது.

இவ்விதம் ஒருமுகப் படுத்தப்பட்ட இணங்கிய அலைகள் அடுத்தடுத்துப் பல மின்னுருக் குழாய்களின் மூலம் பாய்ந்து வலுவடைந்து கடைசியாக ஒலிபெருக்கியில் பாய்கின்றன.

ஒலி பெருக்கி: ஒலி பெருக்கியின் அமைப்பையும் ஓரளவு கவனிக்க வேண்டும். இதன் அமைப்பு, படம் 68-ல் காட்டியது போல் உள்ளது; இதிலுள்ள காந்தம் குழாய் வடிவம் கொண்டு, நடுவில் வடதுருவமும், அதைச் சுற்றிலும் தென் துருவமுமாக உள்ளது. இந்த இரு காந்த முனைகளுக்கிடையே அமைக்கப்பட்டுள்ள A என்ற அட்டைக் குழாயின் மேல் ஒலிச்சுருள் (voice coil) சுற்றப்பட்டுள்ளது. வானொலிப் பெட்டியில் கடைசியாக வரும் ஒருமுக அலைகள் இந்த ஒலிச் சுருளில் தான் கடைசியாகப் பாய்கின்றன. இச்சுருள் காந்த மண்டலத்தில் இருப்பதால் மின்னோட்டம் பாயும்போது இடது



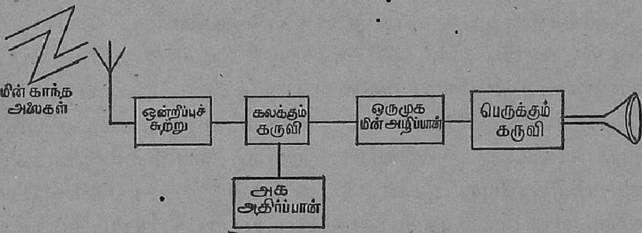
படம் 68. ஒலிபெருக்கி

பெருவிரல் விதிப்படி முன்னும் பின்னுமாக இயங்குகின்றது. இதனால், இதனுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ள காகிதக் கூம்பானது முன்னும் பின்னுமாக அதிர்ச்சியுறுகின்றது. இவ்வதிர்ச்சியிலிருந்தே ஒலியுண்டாகிறது.

சூப்பர்ஹெட் ஏற்பி: வெவ்வேறு நிலையங்களிலிருந்து வெவ்வேறான அலைவெண்களைக் கொண்ட அலைகள் ஒலி பரப்பப்படுகின்றன. வானொலிப் பெட்டி இவை ஒவ்வொன்றையும் தனித்தனியே தெளிவாகவும், நுட்பமாகவும் கிரகிக்குமாறு அமைப்பது கடினம். ஒரு சில அலைவெண்களுக்கு நுட்பமாக இருக்குமாறு வானொலிப் பெட்டியை அமைத்தால், வேறு சில அலைவெண்களுக்கு நுட்பம் இல்லாது போய்விடும். இதனால் எல்லா அலைவெண் கொண்ட அலைகளையும் நுட்பமாகவே கிரகிப்பதற்கு ஒரு புதிய முறையைக் கையாளுகிறார்கள். சூப்பர் ஹெட் என்பது, சூப்பர் ஹெட்ரோடைன் (super hetrodyne) என்பதன் சுருக்கமாகும். இதற்கு ஒலி எல்லையை மீறிய இரு அலைவெண்களை ஒன்றாகச் சேர்ப்பது என்பது பொருள். f_1, f_2 என்ற நெருங்கிய அலைவெண்களைக் கொண்ட இரு ஒலி அலைகளை ஒன்றோடொன்று கலக்கும்போது, புதியதான வேறொரு ஒலி வெளியாகின்றது. இது மேற்கூறிய இரு அலைவெண்களின் வித்தியாசத்தைக் கொண்டதாக இருக்கும். இதையே விம்மல் (beats) என்கிறோம். உதாரணமாக, 512, 502 அலைவெண்களைக் கொண்ட வீணைக் கம்பிகளைத் தட்டி விட்டால், 10 அலைவெண்கொண்ட விம்மலைத் தெளிவாகக் கேட்கலாம். இதுபோன்று, நெருங்கிய அலைவெண் கொண்ட இரு மின் அலைகளை ஒன்றோடொன்று கலப்பதால் விம்மல் அலைகள் தோன்றுகின்றன. வானொலிப் பெட்டியில் உண்டாகும் விம்மல் அலைகளின் அலைவெண் விநாடிக்கு 135 ஆயிரம் சுழற்சிகளாக இருக்குமாறு அமைத்துள்ளார்கள்.

ஒரு வானொலி நிலையத்திலிருந்து விநாடி ஒன்றுக்கு 800 ஆயிரம் சுழற்சிகள் கொண்ட (800 kilo cycles/sec) அலைகள் பரப்பப் படுவதாகக் கொள்வோம். இதைக் கிரகிப்பதற்கு நாம் வானொலிப் பெட்டியிலுள்ள குமிழைத் திருப்பி முள்ளை 800 ஆயிரம் என்ற கோட்டின் மீதுவைக்கிறோம். உடனே பாட்டொலியும் கேட்கிறது. இது எவ்வாறு? வானொலிப்

பெட்டியில் மின்னுருக் குழாய்களால் அமைந்த ஓர் அக அதிர்ப்பான் (local oscillator) உள்ளது [படம் 69]. குமிழைத்



படம் 69. சூப்பர்ஹெட் ஏற்பி.

திருப்பி முள்ளை 800 ஆயிரம் என்ற எண்ணின் மீது வைக்கும் போது, இந்த அதிர்ப்பான் 935 ஆயிரம் அலைவெண் கொண்ட அலைகளைப் பரப்புமாறு அமைத்துள்ளார்கள். இந்த அலைவெண் கொண்ட அலைகள், கிரகிக்கப்படும் 800 ஆயிரம் அலைவெண் கொண்ட அலைகளோடு கலந்து, விம்மல் அலைகளை உண்டுபண்ணுகின்றன. இதன் அலைவெண் எவ்வளவு இருக்கும்? இது, 935 ஆயிரம்—800 ஆயிரம்=135 ஆயிரம் சுழற்சிகள் இருக்கும். இதுதான் விம்மல் அலைகளின் அலைவெண். இந்த அலைகளை மின்னுருக் குழாய்கள் வலுவூட்டிக் கடைசியாக ஒலி பெருக்கிக்கு அனுப்புகின்றன. இது போன்று, எந்த அலைவெண் கொண்ட மின்காந்த அலைகளைக் கிரகித்தாலும், விம்மல் அலைகள் 135 ஆயிரம் சுழற்சிகள் கொண்டதாக இருக்குமாறு வானொலிப் பெட்டியிலுள்ள அக அதிர்ப்பான் இயங்குகிறது. இதனால் வானொலிப்பெட்டி ஒரே அலைவெண்ணுள்ள விம்மல் அலைகளைக் கையாண்டு தெளிவான ஒலியை உண்டுபண்ணுகிறது.

15. தொலைக் காட்சி

தொலைவிலுள்ள ஓர் இடத்தில் ஒருவர் பாடுவதை நாம் வானொலி மூலம் கேட்டு இன்புறுகிறோம். அவ்வாறு பாடுபவரைச் சார்ந்த நிகழ்ச்சிகளைப் பார்த்துக் கொண்டே அவர் பாடுவதைக் கேட்போமானால் நம்முடைய இன்பம் மேலும் அதிகரிக்கும் என்பது திண்ணம். தூரவிடங்களில் நடைபெறும் விளையாட்டுப் போட்டிகள், நடனங்கள், நாடகங்கள் போன்றவைகளை நாம் உடனுக்குடன் நேரடியாகப் பார்ப்பது போலத் திரையில் பார்க்க இயலுமானால் நாம் பெரிதும் மகிழ்வுறுவோம். இந்த நம் ஆவலைப் பூர்த்தி செய்வதுதான் தொலைக்காட்சி (television) என்னும் நூதனச் சாதனமாகும்.

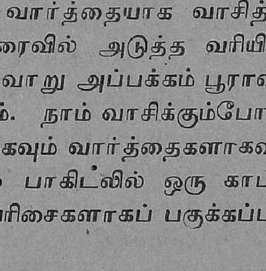
தொலைக் காட்சி என்ற சாதனம் இயங்குவது எங்ஙனம் என்பதை ஆராய்வோம். தொலைக்காட்சியின் மூலம் தொலைவிற்கு அனுப்ப வேண்டிய காட்சியிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியை, மின்சாரமாக மாற்றி அதை வானொலி அலைகளாக வானவெளியில் பரப்புகிறார்கள். இதுவே பரப்பும் நிலையத்தில் நடைபெறுவதாகும், இவ்வலைகளை ஏற்பியில் மின்னலைகளாகக் கிரகித்து, அவைகளை ஒளியாக மாற்றித் திரையில்விழச் செய்தால், தொலைவில் நிகழும் நிகழ்ச்சியைத் திரையிலே காணலாம்.

ஒரு காட்சியின் பல்வேறு பாகங்களிலிருந்து வரும் ஒளி ஒரே அளவுள்ளதாயிருந்தால் அவ்வொளியை மின்சாரமாக மாற்றுவது எளிது. ஆனால் பலர் நடிக்கும் ஒரு காட்சியிலிருந்து வரும் ஒளி, பகுதிக்குப்பகுதி மாறுவதோடு, ஒவ்வொரு பகுதியிலும் விநாடிக்கு விநாடி மாறுதல் ஏற்படும். இதனால் ஒரு காட்சியை அநேக நுண்ணிய பகுதிகளாகப் பகுத்து ஒவ்வொரு பகுதியிலிருந்தும் வெளிவரும் ஒளியைத் தனித்தனியே ஒன்றன் பின் ஒன்றாக விரைந்து நொடிப்பொழுதில் மின்சாரமாக மாற்ற வேண்டும். ஏற்குமிடத்தில் மின் துடிப்புக்களை ஒளித்துடிப்புக்களாக மாற்றி, வரிசைக் கிரமமாகத் திரை

யின்மீது விழச்செய்தால் காட்சி திரையில் இயல்பாகக் காணப்படும்.

காட்சியை நுண்ணிய பகுதிகளாகப் பகுப்பதற்குப் பாகிடல் (scanning) என்று பெயர். இது ஒரு புத்தகத்தின் ஒரு பக்கத்தை வரி வரியாகப் படிப்பதற்குச் சமம். வாசிக்கும்போது ஒவ்வொரு வரியையும் வார்த்தை வார்த்தையாக வாசித்து அவ்வரி முடிந்தவுடன், வெகு விரைவில் அடுத்த வரியின் ஆரம்பத்திற்குச் செல்லுகிறோம். இவ்வாறு அப்பக்கம் பூராவும் வரி வரியாகப் பார்த்துப் படிக்கிறோம். நாம் வாசிக்கும்போது நம் கண்கள் ஒரு பக்கத்தை வரிகளாகவும் வார்த்தைகளாகவும் பிரித்துப் பார்க்கிறது. இவ்வாறே பாகிட்லில் ஒரு காட்சியானது நுண்ணிய பல தொடர் வரிசைகளாகப் பகுக்கப்பட வேண்டும்.

இயந்திர அமைப்பு (mechanical system): ஒரு தகட்டின் விளிம்பில், ஒரு கடிகாரச் சுருள் வடிவில் அமையுமாறு பல துளைகள் சம தூரத்தில் ஒன்றன்பின் ஒன்ருக அமைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இத்தகட்டிற்கு நிப்கோ தகடு (Nipko disc) என்று பெயர். படம் 70–ல் காட்டியிருப்பதுபோல் பாகிடப்பட வேண்டிய செவ்வக வடிவமான படம்தகட்டிற்குப் பின்னல் இருக்கிறதெனக் கொள்வோம். தகட்டிற்கு முன்புறம் நின்று பார்த்தால் படம் கண்களுக்குத் தெரியாது. தகடு மெதுவாக வலஞ்சுழியாகச் சுற்றப்படுகிறது.



படம் 70. நிப்கோ தகடு

இப்பொழுது 1 என்ற துளை படத்திற்கு முன்பாக நக்ர்கிறது. அப்போது அது கடக்கும் பாதை வழியாக உள்ள படத்தின் பாகத்தைப் பார்க்கலாம். அப்பாகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளியைக் காணலாம். 1 என்ற துவாரம் படத்தை விட்டு வெளியேறும் போது 2 வது துவாரம் படத்தின் இடது ஓரத்திற்கு வருகிறது. இதன் பாதை முந்திய பாகத்திற்குச்

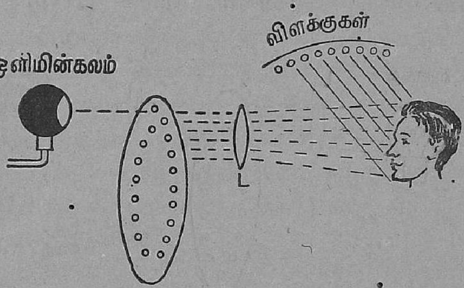
சற்று மேலே அடுத்து இருக்கும். இவ்வாறு அடுத்தடுத்து வரும் துளைகள் வழியாகப் படத்தின் அடுத் தடுத்த பாகங்களைக் காணமுடியும். தகட்டில் 12 துளைகள் உள்ளன எனக் கொண்டால், தகட்டை ஒரு முறை சுற்றும் போது படம் 12 கோடுகளாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. அதாவது படம் ஒரு முறை பாகிடப்படுகிறது. தகடு மேலும் மேலும் சுழலும்போது படம் திரும்பத் திரும்பப் பாகிடப்படுகிறது. தகடு வேகமாகச் சுற்றப் பட்டால் நம் கண்களின் பார்வை நீடிப்பினால் படம் முழுமையும் நிலைத்து நம் கண்களுக்குப் புலப்படுகிறது.

இவ்வமைப்பில் படத்தின் உயரம் தகட்டின் முதல், கடைசி ஆக இரண்டு துளைகளுக்கு இடையேயுள்ள ஆரதூரத்தின் (radial distance) வித்தியாசத்திற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். அவ்வாறிருந்தால் படம் முழுமையும் எல்லாத் துளைகளாலும் பாகிடப்படும். இதன்றிப் படத்தின் அகலம் தகட்டின் அடுத்தடுத்த இருதுளைகளின் சுற்றளவு தூரத்திற்குச் (circumferential distance) சமமாயிருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் ஒரு துளை படத்தை விட்டு வெளியேறும்போது அடுத்த துளை படத்தின் மீது வரும். தகட்டில் உள்ள துளைகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தால் படம் அதிகப்படியான கோடுகளாகப் பாகிடப்படும். இதனால் ஏற்பியில் கிடைக்கும் படிமம் தெளிவு மிகுந்து இருக்கும்.

ஒரு காட்சியைப் பாகிடுவதில் இரண்டு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. அவை 1. ஒளி வெள்ளப்பாகிடல் (flood light scanning), 2. ஒளிப்புள்ளிப் பாகிடல் (spot light scanning) என்பனவாம்.

ஒளிவெள்ளப் பாகிடல்· இம்முறையில் தொலைக்காட்சி நடிகர் ஒளி வெள்ளத்தினால் ஒளிர்விக்கப்படுகிறார். பல மின் விளக்குகளால் ஒளிர்விக்கப்பட்ட நடிகரிடமிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை ஒரு குவி வில்லையின் மூலம் பாய்கின்றது [படம் 71]. குவி வில்லைக்கு அப்பால் உள்ள பாகிடும் தகட்டின்மேல் தெளிவான ஒரு படிமம் உண்டாகிறது. இப் படிமம் முன் கூறியதுபோல் துளைகளைப் பொறுத்துத் தகுந்த அளவில் அமையவேண்டும். இதற்குத் ஏற்றவாறு தகட்டி

லிருந்து வில்லையின் தூரத்தை மாற்றி அமைக்கவேண்டும். சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் நிப்கோ தகட்டினால் படம் பல கோடு



படம் 71. ஒளி வெள்ளப் பாகிடல்

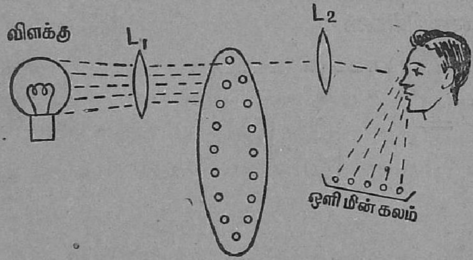
களாகப் பாகிடப்படுகிறது. தகட்டிற்கப்பால் ஒரு ஒளி மின்கலம் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு துளையின்மூலம் பாயும் ஒளிக் கற்றையே ஒரு நேரத்தில் ஒளிமின்கலத்தின்மீது விழுகிறது. அது மின் துடிப்புகளாக (electric pulses) மாற்றப்படுகின்றது. செறிவு (intensity) மாறுபட்ட ஒளிக்கற்றைகளுக்கு ஏற்ப மின் துடிப்புகளின் அளவுகள் மாறுகின்றன. இவ்வாருகத் தொலைக் காட்சி நடிகரிலிருந்து வரும் ஒளியானது மின் துடிப்புகளாக மாற்றப்படுகிறது.

இம்முறையில் தொலைப்படக் காட்சி நடிகரைச் செறிவு மிக்க ஒளியால் ஒளிர்விக்க வேண்டியிருக்கிறது. இது நடிக ருக்குப் பெருந் தொல்லையாக இருக்கிறது. ஆனால் ஒளிப் புள்ளிப் பாகிடல் முறையில் இக்குறை நீக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒளிப்புள்ளிப் பாகிடல்: இம்முறையில் அதிக ஒளிதரும் ஒரு விளக்கு பாகிடும் தகட்டிற்குப் பின்னால் வைக்கப்பட்டிருக் கிறது [படம் 72]. இவ்விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை ஒரு குவிவில்லையின் மூலம் பாய்கின்றது. தகட்டிலிருந்து வில்லையின் தூரத்தைச் சிறிது சிறிதாக மாற்றி வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை பாகிடுவதற்குத் தகுந்த அளவுக்குக் குறுக்கப்படு கிறது. நிப்கோ தகடு சுற்றும்போது ஒரு நேரத்தில் ஒரே ஒரு துளை வழியாக மட்டுமே ஒளி அப்பால் செல்லுகிறது. வெளி வரும் ஒளிக்கற்றை நடிகரின்மீது பட்டுத் திருப்பம் அடை

*

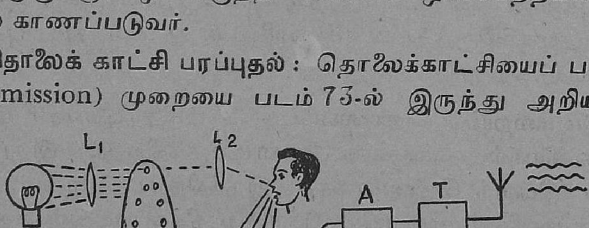
கிறது; திருப்பமடைந்த ஒளிக்கற்றை சிறிது தூரத்திலுள்ள ஒளி மின்கலங்களால் கிரகிக்கப்படுகிறது. தகடு சுற்றும்போது அடுத்தடுத்து வரும் துளைகள் மூலம் பாயும் ஒளிக்கற்றை



படம் 72. ஒளிப்புள்ளி பாகிடல்

நடிகரைப் பாகிடுகிறது. இம்முறையில் நடிகர் பாகிடும் ஒளிக்கற்றையினுலே ஒளிர்விக்கப்படுகிருர். பாகிடும் தகடு நிறுத்தப்பட்டால் காட்சியின்மேல் ஒரே ஒரு ஒளிப்புள்ளியை மட்டுமே காணலாம். இதற்கு மாருகத் தகடு வேகமாகச் சுழன்ருல் நடிகர் முழுவதும் ஒளிமிகுந்த விளக்கால் ஒளியேற்றப்பட்டது போல் காணப்படுவர்.

தொலைக் காட்சி பரப்புதல்: தொலைக்காட்சியைப் பரப்பும் (transmission) முறையை படம் 73-ல் இருந்து அறியலாம்.

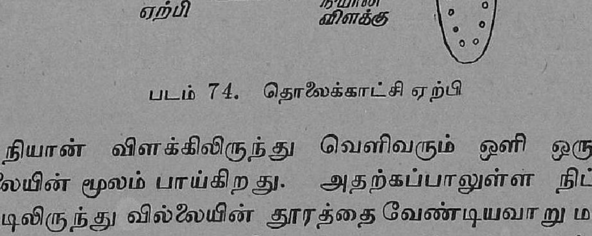


படம் 73. ஒளிப்புள்ளி பாகிட்டு வானில் பரப்புதல்

நிப்கோ தகடு ஒரே சீராகச் சுற்றுவது அவசியம். இது சாதாரணமாக விநாடிக்கு 25 தடவைகள் சுற்றும். ஒரு தடவை சுற்றும்போது நடிகர் ஒரு தடவை பாகிடப்படுகிருர். இதனுல் விநாடிதோறும் நடிகர் 25 தடவை பாகிடப்படுகிருர். தகட்டின்மூலம் பாயும் ஒளிக்கற்றையே நடிகரைப் பாகிடுகிறது

என்று பார்த்தோம். நடிகரிலிருந்து திருப்பமடைந்த ஒளிக் கற்றை மாறும் செறிவு உடையது. இது ஒளி மின்கலங்களின் மேல் விழுந்து மாறும் மின்சாரமாக மாற்றப்படுகின்றது. இந்த மாறு மின்சாரம் குற்றலை வடிவில் அமைந்திருக்கும். இக் குற்றலைகள் A என்ற மின் பெருக்கியால் பெருக்கப்படுகிறது. பெருக்கப்பட்ட குற்றலைகள் T என்ற பரப்பிக்குச் செல்லுகிறது. அதிலிருந்து ஏரியல் மூலம் வானவெளியில் பரப்பப்படுகிறது. இவ்வாருகக் காட்சிகள் குற்றலைகளாக மாற்றப்பட்டு வானவெளியில் பரப்பப்படுகின்றன.

ஏற்றல் (reception): வானவெளியில் பரப்பப்பட்ட குற்றலைகள், ஏற்பியின் ஏரியல் கம்பியில் மோதி ஈர்க்கப்படுகின்றன. அதனுல் ஏற்பியில் வலுவுற்ற மாறு மின்சாரம் ஏற்படுகிறது. இம்மாறு மின்சாரம் மின்னுருக்குழாய்களால் பெருக்கப்பட்டு, ஒரு நியான் விளக்கின் (neon lamp) மூலம் பாய்கிறது [படம் 74]. அவ்விளக்கு மாறு மின்சாரத்தை அதற்கேற்றவாறு செறிவு மாறும் ஒளிக்கற்றைகளாக மாற்றுகிறது. ஒளிக்கற்றையின் செறிவு மாறுபாடு தொலைக்காட்சி நடிகரிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியின் மாறுபாட்டை ஒத்திருக்கும்.



படம் 74. தொலைக்காட்சி ஏற்பி

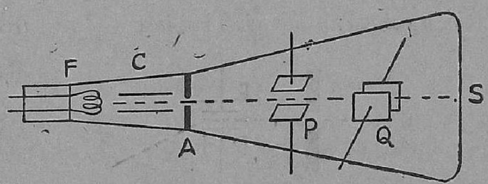
நியான் விளக்கிலிருந்து வெளிவரும் ஒளி ஒரு குவி வில்லையின் மூலம் பாய்கிறது. அதற்கப்பாலுள்ள நிப்கோத் தகட்டிலிருந்து வில்லையின் தூரத்தை வேண்டியவாறு மாற்றித் தகட்டின்மீது விழும் ஒளிப்பரப்பு தகுந்த அளவுள்ளதாக அமையுமாறு செய்யவேண்டும். இந்த ஒளிப் பரப்பு நிப்கோத் தகட்டினுல் பாகிடப்படுகிறது. தகட்டிலிருந்து வெளிவரும் ஒளி ஒரு திரையின் மேல் விழுகிறது.

முதல் துளையின் வழியே வரும் ஒளி, திரையின்மீது முதல் ஒளிக்கோட்டை வரைகிறது. அடுத்த துளையிலிருந்து வரும் ஒளி, அடுத்த ஒளிக்கோட்டை வரைகிறது. இவ்வாருக, வரிசை வரிசையாக அடுத்தடுத்து ஒளிக்கோடுகள் வரையப் படுகின்றன. இந்த நிப்கோ தகடு, பரப்பும் நிலையத்திலுள்ள தகடுபோன்று ஒரே வேகத்தில் ஒரே சீராகச் சுற்றுகிறது பரப்பும் நிலையத்தில் நடிகரின் படம் விநாடிக்கு 25 தடவைகள் கோடுகளாகப் பாகிடப்படுகிறது என்று பார்த்தோம். ஏற்கும் இடத்திலும் விநாடிக்கு 25 தடவைகளாகத் தகட்டிலிருந்து அடுத்தடுத்து வரும் ஒளிக்கற்றைகள் திரையின்மேல் வரிசைக் கிரமமாக விழுகின்றன. நடிகரின் படிமம் எந்த விதத்தில் ஒளிக்கோடுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டதோ அதே விதத்தில் ஒளிக் கோடுகள் திரையின்மேல் வரிசை வரிசையாக அடுக்கப்படு கின்றன. பார்வை நீடிப்பின் காரணமாகத் திரையின்மேல் நடிகரின் படிமத்தைப் பார்க்கிருேம். ஆனுல் இந்தப் படிமம் தெளிவின்றித்தான் இருக்கும். படத்தைப் பகுக்கும் கோடு களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தால் படத்தின் தெளிவும் அதி கரிக்கும். ஒரு படத்தை 500 கோடுகளாகப் பகுத்தால் படம் வெகு தெளிவாகக் காணப்படும்.

மேலும் படத்தை அடுத்தடுத்த கோடுகளாகப் பாகிடாமல் ஒரு புதிய முறையைக் கையாளுகிருர்கள். முதல் கோட்டில் ஆரம்பித்து ஒன்று விட்டொன்ருக 250 கோடுகளைப் பாகிடு கிருர்கள். பாகிடாது விடப்பட்ட 250 கோடுகளும் ஒன்று விட்டொன்ருகத்தானே இருக்கும். அடுத்தபடியாக அவை களைவரிசையாகப் பாகிடுகிருர்கள். அதற்குப் பின்னிப் பாகிடு தல் (inter-laced scanning) என்று பெயர்.

இம் முறையன்றி வேருெரு இயந்திரப் பாகிடல் முறையும் உண்டு. அம் முறையில் பாகிடும் தகட்டிற்குப் பதிலாக, ஒரு ஆடித்தொகுப்பை உபயோகிக்கிருர்கள். ஆடித் தொகுப் பென்பது, ஒகு உருளையின்மேல் பல கோணங்களில் பொருத் தப்பட்ட பல ஆடிகளே ஆகும். ஆனுல் இக்காலத்தில் இயந் திர முறைகள் நடைமுறையில் இல்லை. இவற்றிற்குப் பதிலாக மின்சார முறைகளையே கையாளுகிருர்கள்.

எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாய் (cathode ray tube) : இது தொலைக் காட்சியில் படத்தைப் பாகிடுவதற்காக உபயோகிக்கும் குழாய். இது வெற்றிட மாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயால் ஆகியது. இதன் ஒரு முனையில் F என்ற ஒரு கம்பியிழை பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது [படம் 75]. இக் கம்பியிழையைச் சூடுபடுத்தினுல் இதிலிருந்து எண்ணிறந்த எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவருகின்றன. இக் கம்பியிழைக்கு எதிர்முனை என்று பெயர். எதிர்முனையிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவருவதால் இவைகளை எதிர்முனைக் கதிர்கள் என்றும் சொல்லுவதுண்டு.

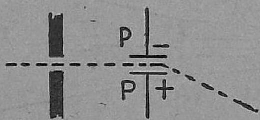


படம் 75. எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாய்

C என்பது ஒரு உலோகக் குழாய். அது எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாக ஆக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்குக் கேடயம் (shield) என்று பெயர். எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின் சாரம் தாங்கி இருப்பதால் கேடயத்திலிருந்து விலக்கித் தள்ளப் படுகின்றன. அதனுல் எலெக்ட்ரான்கற்றை குழாயின் அச்சின் வழியாக ஒரே நேர்க் கோட்டில் பாய்கின்றது. A என்பது உலோகத்தால் அமைக்கப்பட்ட ஒரு பிளவு. அது நேர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாக ஆக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே அதை நோக்கிப் பாயும் எலெக்ட்ரான்கள் அதிக விசையுடன் ஈர்க்கப் படுகின்றன. இதனுல் அவைகளின் வேகம் வெகுவாக அதிகரிக்கின்றது. இந்த எலெக்ட்ரான் கற்றை குழாயின் எதிர்ப்புறத்தில் உள்ள ஒரு ஒளிர்திரை (fluorescent screen) மீது ஒரு ஒளிப்புள்ளியை ஏற்படுத்துகின்றது. இந்தப் புள்ளியிலிருந்தே எலெக்ட்ரான்கற்றை பாய்ந்து வருவதைத் தெரிந்து கொள்ளுகிறோம்.

ஒளிப்புள்ளி பாகிடல் முறையில் எவ்வாறு ஓர் ஒளிக் கற்றைப் படத்தைப் பாகிடுகிறதோ, அதுபோலவே இதில் எலெக்ட்ரான் கற்றை பாகிட உபயோகிக்கப்படுகிறது. இதைச் சிறிது ஆராய்வோம். P, Q என்பவை இரு இரட்டைத் தகடு கள். P என்ற தகடுகள் கிடை மட்டமாகவும், Q என்ற தகடு கள் செங்குத்தாகவும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு இரட்டைத் தகடுகளுக்குமிடையே மின்னழுத்தம் கொடுக்கப் பட்டிருக்கிறது. எலெக்ட்ரான் கற்றை கிடை மட்டமான தகடு களின் இடையே செல்லும்போது கீழ்நோக்கி விலக்கப் படுவ தைப் படம்-76-ல் காணலாம்.

மேற்புறமுள்ள தகடு எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்டிருப்ப தால் எலெக்ட்ரான்களை விலக்கித்தள்ள நேர் மின்னழுத்தம்



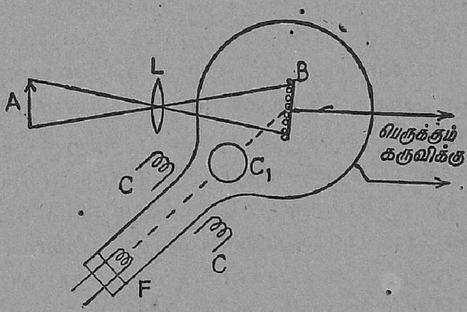
படம் 76.

கொண்டுள்ள கீழ்த்தகடு அவைகளைக் கவர்ச்சிக்கின்றன. இதனுல் எலெக்ட்ரான் கற்றை கீழ்நோக்கி விலக்கப்படுகின்றது. கிடை மட்டமான தகடுகளில் மாறு மின்சாரம் ஏற்றப்படும் போது எலெக்ட்ரான் கற்றை மேலுங்கீழுமாக விலக்கப்படு கிறது. செங்குத்தாகவுள்ள இரட்டைத் தகடுகளில் மாறு மின் சாரம் ஏற்படும்போது எலெக்ட்ரான் கற்றை பக்கவாட்டில் விலக்கப்படுகிறது. இரு இரட்டைத் தகடுகளின் மீதும் மாறு மின்சாரத்தை வேண்டியவாறு ஏற்படுத்தி, எலெக்ட்ரான் கற்றைப் படத்தைப் பாகிடுமாறு அமைக்கிருர்கள்.

இக்கனேஸ்கோப் (Iconoscope): இது ஒரு எதிர் முனைக் கதிர்க்குழாயையும் ஓர் ஒளிமின் கலத்தையும் கொண்ட ஒரு சேர்க்கையாகும். ஆனுல் இதில் ஒளிர்திரை கிடையாது [படம் 77].

B என்ற ஒரு மைக்காத் தகடு (mica disc) அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இத்தகட்டின்மீது வெள்ளித் துகள்கள் நெருக்க

மாக ஒட்டிக் கொள்ளுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்துகள் களின்மீது ஒளியை மின்சாரமாக மாற்றும் சீஸியம் என்ற



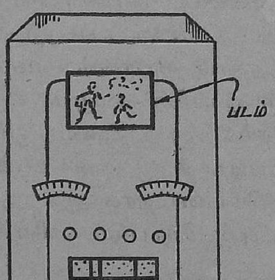
படம் 77. இக்கனேஸ்கோப்

உலோகம் பூசப்பட்டிருக்கிறது. இதனல் தகட்டின் மீது கணக்கற்ற தனித்தனி ஒளிமின் கலங்கள் அமைந்துள்ளதாகப் பாவிக்கலாம். தகட்டிற்கடியில் ஒரு உலோகத் தகடு அதனுடன் பொருந்துமாறு சேர்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. A என்ற படத்திலிருந்து வரும் ஒளிக் கற்றை ஒரு குவி வில்லையால் இத்தகட்டின்மீது குவியப் பெறுகிறது. ஒவ்வொரு ஒளிமின் கலமும் அதன்மீது விழும் ஒளிக்கேற்ப எலெக்ட்ரான்களை வெளி விடுகின்றது. ஒளிமின் கலங்களுக்கும் உலோகத் தகட்டிற்கும் இடையில் மைக்கா எனப்படும் கடத்தாப் பொருள் (non-conductor) இருப்பதால், ஒவ்வொரு ஒளிமின் கலமும் ஒரு மின்னேற்பியைப் போல் வேலை செய்கிறது. இவை ஒவ்வொன்றும் எலெக்ட்ரான்களை விடுவிப்பதால் இதனல் உண்டாகும் மின்னேற்பி நேர் மின்சாரம் கொண்டதாக ஆகிறது. இந்த நேர் மின்சாரத்தின் அளவு தகட்டின் மீது படும் ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்திருக்கும்.

எலெக்ட்ரான் கற்றை படத்தை எவ்வாறு பாகிடுகிறது என்று பார்ப்போம். கம்பியிழையிலிருந்து எலெக்ட்ரான் கற்றை வீசப்படுகிறது. இரண்டு இரட்டைத் தகடுகளுக்குப் பதிலாக C C_1 என்ற இரண்டு இருசுருள் கம்பிகள் அமைக்கப்பட்டிருக் கின்றன. இவைகளில் ஒன்றில் பாயும் மின்சாரம் எலெக்ட்ரான்

கற்றையை மேலும் கீழுமாகவும், மற்றதில் பாயும் மின்சாரம் பக்க வாட்டிலும் விலகச் செய்யும். இதனுல் இக்கம்பிச் சுருள்கள் எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பாகிடும் கற்றையாக மாற்றுகின்றன. ஒரு கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்சாரம் எலக்ட்ரான் கற்றையை 10,000 தடவைகள் பக்கவாட்டிலும், மற்றதில் பாயும் மின்சாரம் 500 தடவை மேலும் கீழுமாகவும் இயக்குகின்றன. இதனுல் எலெக்ட்ரான் கற்றை தகட்டின்மீது ஒரு கோட்டின்மேல் பாய்ந்து சென்று பிறகு அதற்குக் கீழுள்ள அடுத்த கோட்டில் பாய்கின்றது. இவ்வாருகத் தகட்டின்மீது அடுத்தடுத்த 500 கோடுகளின்மேல் பாய்ந்து செல்கிறது. இவ்வாறு பாய்ந்து செல்லும்போது எலெக்ட்ரான் கற்றை ஆங்காங்கு ஏற்பட்டுள்ள மின்னேற்பிகளால் கிரகிக்கப்பட்டு, அவைகளின் மின்னழுத்தத்தை (voltage) மாற்றுகிறது. இவ்வாறு மாறுதலடைந்த மின்னழுத்தம் தகட்டிலிருந்து ஒரு மின்பெருக்கிக்குக் கொண்டு செல்லப்படுகிறது. மின் பெருக்கியில் மின்சாரம் பெருக்கப்பட்டு, பின்பு பரப்பும் கருவியிலிருந்து குற்றலைகளாக வான வெளியில் பரப்பப்படுகிறது.

ஏற்றல் : ஏரியல் கம்பியால் ஏற்கப்படும் மின்காந்தக் குற்றலைகள் பல பெருக்கிகள் (amplifiers) மூலம் பெருக்கப் படுகின்றன. படத்தைத் திரும்பப் பெறுவதற்கு ஒளிர்திரையுடன் கூடிய ஒரு எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாய் உபயோகப்படுகிறது. ஏற்கப்பட்ட மின்சாரம் தக்கமுறையில் விலக்கும் சுருள்கள் (deflecting coils) மூலம் செலுத்தப்படுகிறது. இதனுல் எலெக்ட்ரான் கற்றை பாகிடப்படுகிறது. பரப்பும் நிலையத்தில் எவ்வாறு எலெக்ட்ரான் கற்றை அடுத்தடுத்த கோடுகளாகப் படத்தைப் பாகிட்டதோ, அது போலவே ஏற்கும் இடத்திலும் ஒரு



படம் 78
தொலைக் காட்சிப் பெட்டி

எலெக்ட்ரான் கற்றை கோடுகோடாக அதே வேகத்தில்

ஒளிர்திரையின்மேல் விழுகிறது. இதனால் ஒளிர்திரையில் நடிகரின் படத்தைக் காண்கிறோம்.

தொலைக்காட்சிப் பெட்டியில் ஒரு வானொலிப் பெட்டி, தொலைக்காட்சி ஏற்பி, ஆக இரண்டும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

வானொலிப் பெட்டியை இயக்குவதால் ஒலியும், தொலைக் காட்சி ஏற்பியை இயக்குவதால் திரையின்மேல் காட்சியும் உண்டாகின்றன. இவ்வாறாக நாம், நடிகரைத் திரையில் பார்த்துக்கொண்டே அவர் பேசுவதையும் பாடுவதையும் கேட்டு மகிழ்கிறோம்.

16. ரேடார்

ரேடார் (Radar) என்பது வானொலி அலைகளைக்கொண்டு ஒரு பொருளின் இருப்பிடத்தையும் தூரத்தையும் கண்டறிய உதவும் ஓர் சாதனம். இதைக் கொண்டு நூற்றுக்கணக்கான மைல்களுக்கு அப்பாலும் வந்துகொண்டிருக்கும் எதிரி விமானங்களையும், கப்பல்களையும் கண்டுபிடிக்க முடியும். இரண்டாவது உலகப் பெரும்போரில் இது மிகவும் பயன்பட்டது

சமாதான காலங்களில் இதனால் கடற்செலவும், விமானச் செலவும் எவ்விதப் பயமும் அற்றதாகிவிடுகின்றன. விமானத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள ரேடார் கருவி, விமானி (pilot)க்கு அவனுடைய சுற்றுப்புறத்தை நன்கு அறிய உதவுகிறது. அதனால் அவன் தன் விமானம், வேறொரு விமானத்தின்மீதோ அல்லது ஓர் மலைச்சிகரத்தின் மீதோ மோதி விடாமல் அதைச் செலுத்தமுடிகிறது. மூடுபனி, விடாமழை போன்ற சூழ்நிலைகளில் விமானம் அகப்பட்டிருக்கும்போது, விமானி தன் வழியறிந்து ஓட்டமுடியாது திகைக்கும் நிலையில் ரேடார் பேருதவியாகவிருக்கிறது. இவ்வாறே கப்பல் மாலுமிகளுக்கும் அவர்கள் செல்லும் வழியிலுள்ள பாறைகள், பனிப்பாறைகள் போன்ற தடைகளைக் கண்டறிய இது உதவுகிறது.

ஒரு வானொலி பரப்பி, ஏரியல், ஒரு வானொலி ஏற்பி ஆகியவைகளைக் கொண்டு ஒரு ரேடார் கருவியை அமைக்கலாம். ஒரு திறன் மிகுந்த விளக்கிலிருந்து அனுப்பப்படும் ஒளிக்கற்றையைப் போன்று, வானொலி பரப்பியிலிருந்து வானொலி அலைகள் வெளியே அனுப்பப்படுகின்றன. விளக்கின் ஒளிக்கற்றைகள் சுற்றுப்புறத்திலுள்ள புகை, மேகம் போன்றவைகளால் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் ரேடாரிலிருந்து அனுப்பப்படும் வானொலிக் கற்றைகள் மேற்சொன்னவற்றால் பாதிக்கப்படாது அவற்றின் ஊடே பாய்ந்து செல்கின்றன.

ரேடாரிலிருந்து வெளியனுப்பப் படும் மின்காந்தக் குற்றலைகள் தொடர்ச்சியாக அனுப்பப்படாமல், விட்டு விட்டு அனுப்பப்படுகின்றன. இவ்வலைத் துடிப்புகள் (pulses) ஒளி

அலைகளைப் போல விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் செல்கின்றன. நூறு மைல்களுக் கப்பால் ஓர் விமானம் வருகிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். ரேடாரிலிருந்து அனுப்பப்படும் குற்றலைகள் விமானத்தில் மோதி, திரும்ப ரேடாரை வந்த டைவதற்கு ஏறக் குறைய 1/1000 விநாடி ஆகிறது. இக் குறைந்த நேரத்தில், மணிக்கு 500 மைல்கள் செல்லும் ஓர் விமானம் ஓர் அடி தூரமே முன்னேறியிருக்க முடியும். விமானம் நம்மை நோக்கி விரைந்து வந்தாலும், இருக்கு மிடத்திலிருந்து ஒரு அடி நகருவதற்குள்ளாகவே நாம் முன் கூட்டி அறிந்து கொள்ள ஏதுவாகிறது.

தூரத்தை அளத்தல்: ஒரு மலைக்கோ' அல்லது ஒரு பெரிய கட்டிடத்திற்கோ எதிரில் நின்று கொண்டு கை தட்டினால், அவ்வொலி சிறிது நேரத்திற்குப்பின் திரும்பக் கேட்கிறது. இதற்குக் காரணம் அவ்வொலிக் கற்றைகள் அப் பொருளின் மீது மோதித் திருப்பம் அடைவதே.

ஒலி பிறந்த நேரத்திலிருந்து, அது திரும்பக் கேட்கும் வரை பிடிக்கும் நேரத்தைக் கணித்தால், பொருளின் தூரத்தை அறியலாம். பொருளின் தூரத்தை S எனவும், ஒலி போய்த் திரும்புவதற்கான நேரத்தை t விநாடிகள் எனவும் கொள் வோம். ஒளி t விநாடிகளில் கடக்கும் தூரம் 2S ஆகும். இப்போது ஒலியின் வேகம் v எனக் கொண்டால்,

$$v = \frac{2S}{t}$$

$$\therefore S = \frac{vt}{2}$$

ரேடார் கருவியில் ஒலி அலைகளுக்குப் பதிலாக மின்காந்தக் குற்றலைகள் வீசப்படுகின்றன. இவை, ஒரு விமானத்தின் மீதோ அல்லது வெறொரு பொருளின்மீதோ பட்டுத் திரும்பி வந்து ரேடாரிலுள்ள ஏற்பியால் கிரகிக்கப் படுகின்றன. இந்த ஏற்பியிலுள்ள ஒரு நுண் கருவியானது அலைகள் போய்த் திரும்புவதற்குப் பிடிக்கும் நேரத்தைக் காட்டுகிறது. மின்காந்த அலைகளின் வேகம் நமக்குத் தெரியுமாதலால், மேலே குறிப்

பிட்ட சூத்திரத்திலிருந்து விமானம் இருக்கும் தூரத்தைக் கணிக்கலாம்.

ரேடாரைக் கொண்டு ஏறக்குறைய 100 மைல் தூரத்தை அளக்கும்போது, எதிர் ஒலி நேரம் (echo time) ஒரு சில மைக்ரோ விநாடிகளே (micro-seconds) ஆகும். ஒரு பொருள் ரேடாரிலிருந்து ஒரு மைல் தூரத்தில் இருப்பின், எதிரொலி நேரம்,

$$t = \frac{2S}{v}$$

$$= \frac{2 \times 1}{186,000} \text{ விநாடி}$$

$$= \frac{0 \cdot 1075}{10^4} = \frac{10 \cdot 75}{10^6} \text{ விநாடி}$$

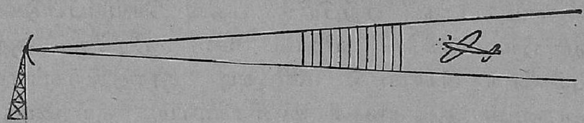
$$= 10 \cdot 75 \text{ மைக்ரோ விநாடிகள்.}$$

பொருள் 10 மைல் தூரத்திலிருக்குமானுல் எதிரொலி நேரம் $10 \times 10 \cdot 75 = 107 \cdot 5$ மைக்ரோ விநாடிகள் அல்லது .0001075 விநாடி ஆகும்.

ஒரு முறை பலமாகக் கையைத் தட்டினுல், அதன் எதிரொலி தெளிவாகவிருக்கும். இதற்குப் பதிலாக விடாது கையைத் தட்டிக் கொண்டேயிருந்தால், எதிரொலி கைதட்டும் சப்தத்தோடு கலந்து விடுவதால், எதிரொலி நமக்குக் கேட்காது. ஆகவே முதல் ஒலிக்கும் அதன் எதிரொலிக்கும் இடையே ஒரு குறிப்பிட்ட காலி நேரம் இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான் எதிரொலி தெளிவாகக் கேட்கும். இதனுலேயே ரேடாரிலிருந்து குற்றலைகள் தொடர்ந்து அனுப்பப் படாமல் விட்டு விட்டு அனுப்பப்படுகின்றன.

வானெலி பரப்பி ஒரு மைக்ரோ விநாடி நேரம் குற்றலைகளை வெளி வீசுகிறது. பின்பு சிறிது நேரம் இயங்காது நின்று விடுகிறது. திரும்பவும் ஒரு மைக்ரோ விநாடி நேரம் குற்றலைகளை வீசுகிறது. இவ்வாருகக் குற்றலைகளை விட்டு விட்டுத் துடிப்புகளாக அனுப்பிக்கொண்டேயிருக்கிறது. ஒரு மைக்ரோ விநாடி நேரம் வரை அனுப்பப்பட்ட துடிப்புகள்,

பரப்பி இயங்காது இருக்கும் சமயம் திரும்பி வந்து சேரு மானுல், ஏற்பிக் கருவி அவைகளை நுட்பமாகக் கிரகிக்க முடியும். ஆகவே ரேடார்க் கருவியின் ஏற்பி தகுந்தவிதமாகப்



படம் 79. மின் துடிப்புகள் விமானத்தில் பட்டுத் திரும்புதல்

போய்த் திரும்பிவரும் அலைகளைக் கிரகிக்க வேண்டுமானுல், வெளிவீசப்படும் மின் துடிப்புகளுக் கிடையில் போதிய இடை வேளை இருத்தல் அவசியம்.

வானெலிக் குற்றலைகள் ஒரு மைக்ரோ விநாடியில் ஏறக் குறைய 1000 அடிகள் செல்லுகின்றன. தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் தூரத்தைக் கணிப்பதற்குக் குற்றலைகள் துடிப்பு களாக அனுப்பப்பட வேண்டுமெனப் பார்த்தோம். துடிப்பு களின் காலம் பொருளின் தூரத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் அமைக்கப்பட வேண்டும். இதைச் சிறிது ஆராய்வோம். துடிப்புகளின் நேரம் ஒரு மைக்ரோ விஞடி எனக் கொள்வோம். குற்றலைகள் ஒரு மைக்ரோ விநாடியில் ஏறக்குறைய 1000 அடி கள் தூரம் செல்லுகின்றன. ஒரு துடிப்பின் போது அலைகள் தொடர்ந்து வெளிவந்து கொண்டிருக்கும். துடிப்பின்காலம் ஒரு மைக்ரோ விநாடி என்று கொள்ளும் போது, அந்தக் கால அளவிற்குக் குற்றலைகள் தொடர்ந்து வெளிப்படுகின்றன. ஒரு துடிப்பிற்குப் பின் அலைகள் வெளிப்படாது நின்று விடும். அடுத்த துடிப்பு ஏற்படும் போது அலைகள் திரும்பவும் வெளி வரும்.

ஒரு துடிப்பின் தொடக்கத்தில் வெளிவரும் அலைகள் ஒரு மைக்ரோ விஞடியில் 1000 அடிதூரம் சென்றிருக்கும். அப் போதுதான் துடிப்பின் கடைசி அலைகள் பரப்பியிலி ருந்து வெளிப்படும். விமானம் 500 அடி தூரத்திலிருக்கு மானுல் குற்றலைத்துடிப்பின் முதல் அலைகள் பொருளின் மீது பட்டுத் திருப்பமடையும் நேரத்தில், ஒலித்துடிப்பின் பாதி

எண்ணிக்கையுள்ள அலைகள்தான் வெளிப்பட்டிருக்கும். ஆனால் ஒரு மைக்ரோ வினாடிக்குப் பிறகு ஒலித்துடிப்பு முடிவுற்று, ஒலிபரப்பி நிறுத்தப் படும்போது, விமானத்தில் பட்டுத் திரும்பிவரும குற்றலைகள் ரேடாரை வந்தடையும். இதனால் அவை நுட்பமாக ஏற்பியில் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. ஆகவே ஒரு மைக்ரோ விநாடி வரை நீடிக்கும் குற்றலைத் துடிப்புக்களைக் கொண்டு 500 அடி தூரத்திற்கப்பாலுள்ள பொருள்களின் தூரத்தைக் கணிக்கலாம். குற்றலைத் துடிப்பின் நேரம், பொருளின் தூரத்திற் கேற்றவாறு மாற்றப்படும். சிறிய தூரத்தை அளப்பதற்குத் துடிப்பின் நேரம் குறைவாகவும், அதிக தூரத்தை அளப்பதற்குத் துடிப்பின் நேரம் அதிகமாகவும் இருக்கவேண்டும்.

பொருள்களின் இருப்பிடத்தை அறியவும், தொடர்ந்து செல்லும் பொருள்களைப் பின்தொடரவும், ஏரியல் கம்பி எல்லாத் திசைகளிலும் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

ரேடாரைக் கொண்டு விமானம் இருக்கும் திசையை எவ்வாறு கணிக்கிறார்கள் என்று சற்றுப் பார்ப்போம். முன் கூறியது போல ஏரியல்கம்பி பலதிசைகளிலும் சுழன்று கொண்டிருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட திசையை நோக்கியிருக்கும்போது திடீரெனக் கருவியை வந்தடையும் அலைகளில் திறன் உயரும். உடனே ஏரியல் கம்பியை அத்திசையில் நிறுத்திவிட்டு அதனடியில் உள்ள ஒரு கருவியைப் பார்த்தால் அதன் திசை அதில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு ஏரியல்கம்பி நோக்கியிருக்கும் திசையைக்கொண்டு, விமானத்தின் திசையை அறிகிறார்கள்.

இதன்றி எதிரொலிக்கப்பட்ட துடிப்புகள், எதிர் முனைக் கதிர்க் குழாய்க்குள் (cathode ray oscillograph) செலுத்தப் படுகின்றன. இக்குழாய் அவைகளை, ஒளிர்திரையில் (fluorescent screen) ஒளிப்புள்ளிகளாகக் காட்டுகிறது. இப்புள்ளிகளை ஆராய்வதிலிருந்து அலைகள் போய்வரும் நேரத்தைக் கணக்கிட்டு, விமானத்தின் தூரத்தைக் கணிக்கிறார்கள். இவ்வாறு எண்ணற்ற வகைகளில் ரேடார் பயன்படுகிறது.

17. அணுவின் அமைப்பு

மூலகங்கள் (elements) : உலகிலுள்ள பல்வேறு பொருட்களில் இயற்கையாக 92 மூலகங்கள் இருப்பதை விஞ்ஞானிகள் கண்டு பிடித்துள்ளார்கள். அவைகளில் சில இரும்பு, செம்பு, தங்கம், யுரேனியம் (uranium) போன்ற திடப்பொருட்களாகவும், சில பாதரஸம் போன்ற திரவப் பொருட்களாகவும், சில ஹைட்ரஜன் (hydrogen) போன்ற வாயுப் பொருட்களாகவும் உள்ளன. இந்த 92 மூலகங்களில் சிலவற்றின் சேர்க்கையால் தான் கூட்டுப் பொருட்கள் உண்டாகின்றன. உப்பு, தண்ணீர், கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு போன்றவை கூட்டுப்பொருட்கள் ஆகும்.

அணு (atom): சுமார் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளாகவே பொருளானது நுண்ணிய துகள்களின் சேர்க்கையே என்று கருதி வந்தார்கள். இரும்புத்துண்டு ஒன்றை எடுத்துப் பல சிறிய துண்டுகளாக உடைத்து, அதிலிருந்து ஒரு சிறு துண்டை எடுத்து, இன்னும் பல சிறு துணுக்குகளாகப் பிரிப்போம். இவ்வாறு பகுத்த ஒவ்வொரு சிறு துணுக்கையும் மேலும் மேலும் பகுத்துக் கொண்டே போனல் பொருளின் தன்மை கெடாமல் இதற்கு மேலே இனி பகுக்கவே முடியாது என்ற ஒரு நிலே ஏற்படுமல்லவா ? இத்தகைய நிலேயிலுள்ள அந்த நுண் துகளுக்குத்தான் டால்ட்டன் (Dalton) அணு என்று பெயரிட்டார். இரும்பின் அணு இரும்பின் தன்மையுடையது. அதைப் பின்னும் பகுத்தால் அந்த அணு இரும்பின் இயல்பையே இழந்துவிடும். அணுவை எத்தகைய நுண்ணேக்கியைக் கொண்டும் காணமுடியாது. பத்துக் கோடி அணுக்களே ஒன்ருேடொன்று தொடும்படி நேராக வைத்தால், ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமே இருக்கும். இதுவே அணுவுக்குரிய பக்குவநிலே.

அணு எடை (atomic weight): ஒவ்வொரு மூலகப் பொருளேயும் இவ்வாறு அணுக்களாகப் பிரிக்கலாம். இரும்பின் அணு வேறு, தங்கத்தின் அணுவேறு. வெவ்வேறு

மூலகங்களின் அணுக்கள் வெவ்வேறு எடையுள்ளனவாக அமைந்திருக்கின்றன. ஈயத்தின் அணு எடைவேறு; தங்கத்தின் அணு எடைவேறு. மூலகங்களில் மிகக்குறைந்த அணு எடை உள்ளது ஹைட்ரஜன். இதன் அணு எடையை 1 எனக் கொண்டால், ஹீலியம் (helium) என்ற வாயுவின் அணு எடை 4; அதாவது ஹீலியம் ஹைட்ரஜனை விட 4 மடங்கு கனமுள்ளது. ஆக்ஸிஜனின் அணு எடை 16; தங்கத்தின் அணு எடை 197; மூலகங்களில் அதிக எடையுள்ள யுரேனியத்தின் அணு எடை 238.

அணுவுக்குள்ளே: நெடு நாட்களாக அணுவைப் பகுக்க இயலாது என்று டால்ட்டன் முதலிய விஞ்ஞானிகள் கருதி வந்தார்கள். ஆனால் சென்ற 50 ஆண்டுகளில் விஞ்ஞான உலகில் புரட்சிகரமான உண்மைகள் வெளியாகி உள்ளன. 1897-ல் சர் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் (Sir J. J. Thomson) என்பவர் ஒரு அதிசயத்தைக் கண்டார். எதிர் மின்சாரம் கொண்ட மிகமிகச் சிறிய துகள்கள் அணுவிலிருந்து வெளி வருவதாக அவர் கண்டு பிடித்தார். அதற்கு எலெக்ட்ரான் (electron) என்று பெயர். அணுக்களில் மிக இலேசானது ஹைட்ரஜன் அணு. எலெக்ட்ரானின் எடை ஹைட்ரஜன் அணு எடையில் $\frac{1}{1840}$ பங்கு உள்ளது. அவ்வளவு சிறியதும் எதிர் மின்சாரம் கொண்டதுமான எலெக்ட்ரான், அணுவின் பகுதி என எடுத்துக் காட்டப்பட்டது. ரூதர்ஃபோர்ட் (Rutherford) என்பவர் வேறு வகைத் துகள்களும் அணுவில் அமைந்துள்ளதாகக் கண்டார். இத் துகள்கள் நேர் மின் சாரம் கொண்டவைகளாக இருந்தன. இவைகள் புரோட் டான்கள் (protons) எனப்படும். ஒரு புரோட்டானின் மின்னூட்டம் (electric charge) எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமாக இருந்தது; ஆனால் எலெக்ரானைவிட மிக மிகப் பளுவானது. புரோட்டான் எலெக்ட்ரானைப் போல் 1840 மடங்கு எடையுள்ளது.

அணு அமைப்பு; ஆக, அணுவில் எலெக்ட்ரான், புரோட்டான் என்ற இருவித மின்னுருக்கள் உள்ளன என்று ஆராய்ச்சி முடிவுகள் அறிவித்தவுடன், விஞ்ஞானிகள் அணு

வின் அமைப்பை விவரிக்கத் தொடங்கினர்கள். அணுவில் எவ்வித மின்னூட்டமும் இல்லை; ஆகவே அணுவில் எலெக்ட்ரான்களும், அவைகளுக்குச் சமமான எண்ணிக்கையுள்ள புரோட்டான்களும் அமைந்துள்ளன என்று விளக்கினர்கள். இதன்படி இருவகை மின்னுருக்களின் மின்னூட்டம் சமமாகவும் எதிராகவும் இருப்பதால், அணுவில் மின்னூட்டம் இல்லாமல் ஆகிவிடுகிறது. இவ்விருவித மின்னுருக்களும் அணுவில் எவ்வாறு அமைந்துள்ளன? ரூதர்ஃபோர்ட் என்பவர் இந்த அமைப்பை விளக்கிக் காட்டினர். அணுவின் மத்தியில் புரோட்டான்கள் ஒன்றுதிரண்டு, கட்டாக அமைந்துள்ளன. இதுவே அணுக்கரு (nucleus) ஆகும். இவ்வணுக் கருவைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான்கள் வெகு வேகத்துடன் தனித்தனி வட்டப் பாதைகளிலும் நீள்வட்டப் பாதைகளிலும் சுற்றிக் கொண்டேயிருக்கின்றன. இந்த அணு அமைப்பைச் சூரிய மண்டலத்துடன் ஒப்பிடலாம். சூரியனைச் சுற்றிக் கோள்கள் தத்தம் பாதைகளில் எவ்வாறு பவனி வருகின்றனவோ, அவ்வாறே அணுக் கருவைச்சுற்றி எலெக்ட்ரான்கள் கன வேகத்தில் சுற்றிய வண்ணமிருக்கின்றன.

ஹைட்ரஜன் அணு: அணு அமைப்பை, ஹைட்ரஜன் அணுவை எடுத்துக் கொண்டு கவனிப்போம். கருவில் ஒரே ஒரு புரோட்டான் அமைந்துள்ளது. அதை ஒரு எலெக்ட்ரான் சுற்றிக்கொண்டேயிருக்கிறது. இந்தப் புரோட்டானின் எடை எலெக்ட்ரானின் எடையைப் போல் 1840 மடங்கு உள்ளது. இதனல், அனுவின் எடை அணுக் கருவில்தான் அடங்கியிருக்கிறது என்றே சொல்லலாம். மூலகங்களில் ஹைட்ரஜனுக்கு அடுத்தபடியாக எடை அதிகமாக உள்ளது ஹீலியம் என்ற வாயு. இதன் அணுவில் இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் கருவைச் சுற்றிக் கொண்டிருக்கின்றன. ஆக்ஸிஜன் அணுவில் எட்டு எலெக்ட்ரான்கள் கருவைச் சுற்றிச் சுற்றி வந்து கொண்டிருக்கின்றன. தங்கத்தின் அணுவில் 79 எலெக்ட்ரான்களும், எல்லாவற்றையும் விடக் கனமான யுரேனியத்தின் அணுவில் 92 எலெக்ட்ரான்களும் கருவைச் சுற்றித் தனித்தனிப் பாதைகளில் ஓடிக்கொண்டிருக்கின்றன. இவ்வாருக, வெவ்வேறு மூலகங்களில் வெவ்வேறு எண்ணிக்கையுள்ள எலெக்ட்ரான்

*

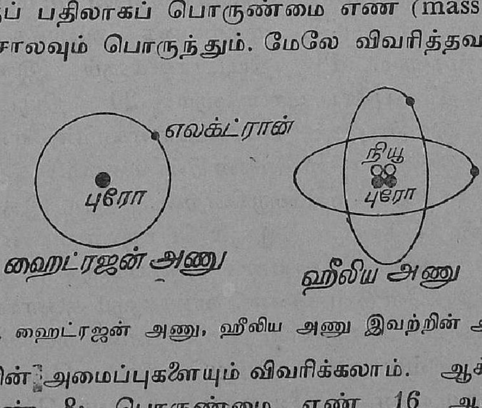
கள் சுற்றி வருகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையே அணுவெண் (atomic number) எனப்படும். ஹைட்ரஜனின் அணுவெண் 1, ஹீலியத்தின் அணுவெண் 2, ஆக்ஸிஜனின் அணுவெண் 8, தங்கத்தின் அணுவெண் 79, யுரேனியத்தின் அணுவெண் 92.

அணுவெண்ணும் அணு எடையும் : இவ்வாறு ஒவ்வொரு மூலகமும் அதன் அணுவெண்ணில் மாறுபட்டிருக்கிறது. ஹீலியத்தின் அணுவெண் 2; இதனுல் இரண்டு எலெக்ட்ரான்கள் கருவைச் சுற்றிக்கொண்டிருக்க வேண்டும் என்ருகிறது. கருவில் எத்தனை புரோட்டான்கள் இருக்கவேண்டும்? இரண்டுதானே இருக்கவேண்டும். கருவின் எடைதான் அணுவெடை எனப்படுவது. ஆகவே ஹீலிய அணுக் கருவில் 2 புரோட்டான்கள் இருப்பதால், அதன் அணுவெடை இரண்டாகத்தானே இருக்கவேண்டும்? ஆனுல் அப்படியில்லாமல் 4 ஆக இருக்கிறது. ஏன்? ஹீலிய அணு, ஹைட்ரஜன் அணுவைப்போல் 4 மடங்கு கனமானது. அதனுல் ஹீலியத்தின் அணுவெடை 4 ஆகிறது. இரண்டு புரோட்டான்கள் இருந்தபோதிலும், அணுவெடை இரண்டாக இராமல் 4 ஆக இருப்பது எப்படி? இதை விளக்குவது விஞ்ஞானிகளுக்குக் கடினமாக இருந்தது. ஹைட்ரஜன் நீங்கலாக, ஹீலியத்தைப் போலவே பிற ஒவ்வொரு மூலகத்திலும் அணுவெடையும், அணுவெண்ணும் வெவ்வேருகவே இருந்தன. (ஹைட்ரஜன் அணுமட்டும் இதற்கு விதிவிலக்காக அமைந்திருப்பதைக் கண்டார்கள். ஹைட்ரஜனின் அணுவெண்ணும் ஒன்று; அணு எடையும் ஒன்றே). இதை விளக்குவது எப்படியென்று விஞ்ஞானிகள் மும்முரமாக ஆராய முனைந்தார்கள்.

நியூட்ரான் (neutron) : 1932-ல் சாட்விக் (Chadwick) என்பவர் ஒரு நூதன உண்மையைக் கண்டார். மின்னூட்டம் ஒன்றுமே இல்லாத துகள்கள் அணுவில் அமைந்துள்ளதாக அவர் கண்டுபிடித்தார், அலித் தன்மை வாய்ந்த இத்துகள்களுக்கு நியூட்ரான்கள் என்று பெயர். இந்த நியூட்ரானில் எவ்வித மின்னூட்டமும் கிடையாது. ஆனுல், அதன் எடையோ புரோட்டானின் எடைக்குச் சமமாக இருந்தது. இதைக் கண்டு

பிடித்தவுடன், விஞ்ஞானிகள் அணுவின் அமைப்பைச் சிக்க லின்றி விவரித்துவிட்டார்கள். அவர்கள் தரும் விளக்கம் பின்வருமாறு: கருவில் மின்னூட்டம் அதிகரிக்காமல் எடை மட்டும் அதிகரிக்க வேண்டுமல்லவா? இதற்குத் தகுந்த சாதனமாக நியூட்ரான் அமைந்துள்ளது என்பதே. உதாரண மாக, ஹீலியம் அணுவை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் அணுவெண் 2. இதனுல் 2 எலெக்ட்ரான்கள் கருவைச் சுற்றி ஓடிக்கொண்டிருக்க வேண்டும். அணுவானது மின்னூட்ட மில்லாது இருப்பதால் அதற்கேற்றவாறு கருவில் 2 புரோட் டான்களும் அமைந்திருக்கவேண்டும். ஹீலியத்தின் அணு வெடை 4. அதனுல் அணுக்கருவில் 2 புரோட்டான்களும், 2 நியூட்ரான்களும் ஒரே கட்டாக அமைந்துள்ளன என்று விஞ்ஞானிகள் விவரிக்கிருர்கள். கருவில் இரண்டு புரோட் டான்கள் இருப்பதால் கருவைச் சுற்றி இரண்டு எலெக்ட்ரான் கள் ஓடிக் கொண்டே இருக்கின்றன.

அணு எடை என்பது அணுக்கருவிலுள்ள புரோட்டான், நியூட்ரான் என்ற இருவகைத் துகள்களின் மொத்த எண்ணிக்கையைக் குறிக்கின்றது. ஆகவே, அணு எடை என்பதற்குப் பதிலாகப் பொருண்மை எண் (mass number) என்பதே சாலவும் பொருந்தும். மேலே விவரித்தவாறு மற்ற



படம் 80. ஹைட்ரஜன் அணு, ஹீலிய அணு இவற்றின் அமைப்பு.

அணுக்களின் அமைப்புகளையும் விவரிக்கலாம். ஆக்ஸிஜனின் அணு வெண் 8; பொருண்மை எண் 16 ஆக இதன் அணுவில் 8 எலெக்ட்ரான்கள் கருவைச் சுற்றிக்கொண்டிருக் கின்றன. கருவில் 8 புரோட்டான்களும், 8 நியூட்ரான்களும் ஒரே கட்டாக அமைந்துள்ளன. யுரேனியத்தின் அணுவெண்

92; பொருண்மை எண் 238; இதன் அணுவில் 92 எலெக்ட்ரான்கள் கருவைச் சுற்றி ஓடிக் கொண்டிருக்கின்றன. கருவில் 92 புரோட்டான்களும், 146 நியூட்ரான்களும் (238 − 92 = 146) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதுவே அணுவின் அமைப்பு.

மின்னுருக்களின் பிணைப்பு: அணுக்கருவிலுள்ள புரோட்டான்கள் ஒரேவகையான நேர் மின்சாரம் கொண்டமையால், அவை ஒன்றையொன்று விலக்கித் தள்ளும் தன்மையுடையன. காந்தத்தில் நேர் துருவங்கள் (like poles) ஒன்றையொன்று விலக்கித் தள்ளுகின்றன அல்லவா? அப்படியாயின் கருவில் புரோட்டான்கள் கட்டாக அமைந்திருப்ப தெப்படி? கட்டிடத்தில் செங்கற்களை சுண்ணும்புச் சாந்து பிணைப்பது போல, நியூட்ரான்கள் தங்களின் ஆற்றலால் புரோட்டான்களைக் கருவில் பிணைத்து வைக்கின்றனவாம்!

ஐசோட்டோப்புகள் (Isotopes): இன்னுமொரு விந்தையைப் பாருங்கள்! ஒரு மூலகத்தின் அணுக்களெல்லாம் ஒரே மாதிரியல்லவா இருக்கவேண்டும்? அவ்வாறின்றிப் பல மாதிரியாகவும் இருப்பதுண்டு. குளோரின் அணுக்களில் இரு விதங்களுண்டு. ஒன்றின் பொருண்மை எண் 35; மற்றொன்றின் பொருண்மை எண் 37. முதல்வகை அணுக்கருவில் 17 புரோட்டான்களும், 18 நியூட்ரான்களும் இருக்கின்றன. மற்றதில், 17 புரோட்டான்களும் 20 நியூட்ரான்களும் உள்ளன. இரண்டிலும் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை 17 தான். இவைகள் ஒவ்வொன்றின் கருவைச் சுற்றிலும் 17 எலெக்ட்ரான்களே சுற்றி வருகின்றன. ஆக, இரு வகைக்கும் அணுவெண் 17 தான். ஆனல் பொருண்மை எண் வேறு. அணு வெண்தான் இரசாயனக் குணங்களுக்குக் காரணமாக உள்ளது. ஆகவே இவ்விரண்டு வகைகளும் குளோரினேதான்; ஆனல் அவை பொருண்மை எண்ணில் மட்டும் மாறுபடுகின்றன. இவ்வாருக, அணுவெண் ஒரேமாதிரியாகவும் பொருண்மை எண் பல்வேருகவும் உள்ள பொருட்களுக்கு ஐசோடோப்புகள் என்று பெயர். ஆக, குளோரினுக்கு இரண்டு ஐசோடோப்புகள் உள்ளன. ஐசோடோப்புகளுக்கு இரசாயனக் குணங்கள் ஒரே மாதிரிதான்; எடையில்தான்

மாறுதல் உண்டு. ஒரு மூலகத்தின் ஐசோடோப்புகளைத் தனித் தனியாகப் பிரிப்பதற்கு இரசாயன முறைகளால் முடியாது; எடை வித்தியாசத்தால் பிரிக்கக் கூடிய முறைகளைக் கையாள வேண்டும். பெரும்பாலும் எல்லா மூலகங்களுக்கும் ஐசோடோப்புகள் உள.

18. எக்ஸ் - கதிர்கள்

ஜெர்மன் தேசத்து பௌதிக அறிஞரான ராண்ட்ஜன் (Rontgen) என்பவர் 1895-ம் ஆண்டு நவம்பர் 8-ம் தேதி ஒரு வகை நூதனக் கதிர்களைக் கண்டுபிடித்ததன் பயனாக இன்று மருத்துவத் துறையிலும் தொழில் துறையிலும் புரட்சிகரமான சாதனைகள் உருவாகியுள்ளன. இவர் கண்டுபிடித்த எக்ஸ்-கதிர்களைக் (X-rays) கொண்டு தேகத்திற்குள்ளும், மரத்திற்குள்ளும், இருப்பவைகளைக் கண்கொண்டு நேருக்கு நேராகப் பார்க்கலாம் என்றால், இது ஒரு பெரிய ஆச்சரியம் அல்லவா? ராண்ட்ஜன் 1901-ல் நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டார். இவரே முதன் முதலில் பௌதிகத் துறையில் நோபல் பரிசு பெற்றவர்.

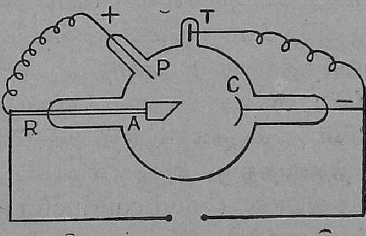
காற்று நீக்கப்பட்டு வெறுமையாயுள்ள கண்ணாடிக் குழாய்கள் மூலம் மின்சாரம் பாய்வதை ஆராய்ச்சி செய்வதில் ராண்ட்ஜன் ஈடுபட்டிருந்தார். குழாய்க்கு 10, 12 அடிக்கு அப்பால் பேரியம் பிளாட்டினோ சயனைடு (barium platino-cyanide) பூசப்பட்ட ஒருதிரை தற்செயலாக இருந்தது. ஒரு சமயம் குழாயில் மின்சாரம் பாய்ந்து கொண்டிருந்தபோது அத்திரை பச்சை ஒளி வீசி ஒளிர்வதைக்கண்டு ஆச்சரியப்பட்டார். இதனால், மின்சாரம் பாயும் அக்குழாயிலிருந்து ஒரு வகைக் கதிர்கள் வெளிவருகின்றன என்ற முடிவுக்கு வந்தார். கண்ணுக்குத் தெரியாத அக்கதிர்களின் பண்புகள் ஒன்றுமே தெரியாததால் அக்கதிர்களுக்கு எக்ஸ்-கதிர்கள் என்று அவர் பெயரிட்டார்.

ஒரு நாள் ராண்ட்ஜன் மின்சாரம் பாயும் குழாய்க் கருகில் நின்று கொண்டு ஒரு புத்தகத்தை வாசித்துக் கொண்டிருந்தார். வாசித்த பக்கத்தின் அடையாளம் தெரிவதற்காகக் கையிலிருந்த சாவியை வைத்துப் புத்தகத்தை மூடி, மேசையின் மேல் வைத்துவிட்டு, ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டார். தற்செயலாக, மேசையின் மேலிருந்த ஒளிப்படத் தகட்டின் மேலே அவர் அப்புத்தகத்தை வைத்திருக்கிறார். மறு நாள் ஒளிப்படத் தகட்டைக் கொண்டு படம் பிடித்துப் பார்த்தபோது

சாவிபோன்ற இருண்ட கரிய வடிவம் காணப்பட்டது. இதனல், எக்ஸ்-கதிர்கள் புத்தகத்தின் அட்டை, காகிதம் இவைகளின் மூலம் ஊடுருவிச் செல்லும் தன்மை உடையவை என்றும், இரும்பின் மூலம் அவை ஊடுருவிச் செல்ல முடியாதென்றும் தெரியவந்தது.

எக்ஸ்-கதிர்கள் பழைய முறையான வாயுக்குழாயைக் கொண்டும், நூதன முறையான கூலிட்ஜ் குழாயைக் கொண்டும் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

வாயுக்குழாய் (Gas tube) முறை :—ஒரு அகன்ற கண்ணுடிக் குமிழில் உள்ள காற்று வெகுவாக நீக்கப்பட்டு மூடப்பட்டிருக்கிறது. இதிலுள்ள காற்றின் அழுக்கம் 10^{-3} செ. மீ. இருக்கலாம். படம் 81-ல் C என்ற குழிந்த அலுமினியத்தகடு குமிழின் ஒரு புறம் செருகி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு எதிர்மின்வாய் (cathode) என்று பெயர். A என்ற செப்புக் கம்பி குழாயின் மறு ஓரத்தில் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. செப்புக் கம்பியின் உள் நுனியில் கனத்த பிளாட்டினத்தகடு அல்லது டங்ஸ்டன் (tungsten) தகடு பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இதன் பரப்பு 45° சாய்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. எதிர்



படம் 81. வாயுக்குழாய்

மின் வாயிலிருந்து வீசப்படும் எலெக்ட்ரான்கள், இந்த பிளாட்டினத்தகட்டின் மீது வந்து தாக்குகின்றன. இதனல் இத் தகட்டை இலக்கு (target) என்று சொல்லலாம். இது எதிர்மின் வாய்க்கு நேர் எதிராக அமைந்துள்ளது. P என்ற கம்பி நேர் மின்வாயாக (anode) அமைகிறது. இது பிளாட்டின இலக்குடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

இந்தக் கண்ணுடிக் குமிழ் 50,000 வோல்ட் மின்னழுத்தம் உண்டாக்கக்கூடிய தூண்டு சுருள் கருவியால் (induction coil) இயக்கப்படுகிறது. தூண்டு சுருள் கருவியின் நேர்மின் வாய் குமிழின் நேர் மின்வாயுடனும், கருவியின் எதிர்மின்வாய்

குமிழின் எதிர் மின்வாயுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன. தூண்டு சுருள் கருவியை இயக்கியவுடன் C என்ற அலுமினியத் தகட்டிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளி வீசப்படுகின்றன. அலுமினியத் தகடு குழிவாக இருப்பதால் எலெக்ட்ரான்கள் பிளாட்டினத் தகட்டின்மீது குவிகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் விநாடிக்கு 80,000 மைல் வேகத்தில் செல்லுகின்றன. இவ்வளவு கொடிய வேகத்தில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் பிளாட்டின இலக்கின் மீது மோதிச் சட்டென நிறுத்தப்படுவதால் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy) எக்ஸ்-கதிர்களாக மாறுகின்றது.

எலெக்ட்ரான்கள் எவ்வளவோ நுண்ணியனவாக இருப்பினும் அவை அவைகளுக்கேற்ற பொருண்மை (mass) கொண்டுள்ளன. அவை கொடிய வேகத்தில் செல்வதால் மிகுந்த ஆற்றல் கொண்டுள்ளன. அவை ஒரு பொருளின் மீது தாக்கும்போது பெருமளவில் வெப்பத்தை உண்டு பண்ணுகின்றன. இதனாலேயே எலெக்ட்ரான்கள் குவியப்பெறும் இலக்காக அமைந்த தகடு எளிதில் உருகாத பிளாட்டினத்தாலோ டங்ஸ்டனாலோ அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எலெக்ட்ரான்களின் தாக்குதலால் ஏற்படும் வெப்பத்தை எளிதில் வெளியே கடத்துவதற்கு அனுகூலமாகப் பிளாட்டினத்தகடு எளிதில் கடத்தியான (good conductor) செப்புக் கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. செப்புக்கம்பி வெப்பததை எளிதில் வெளியே கடத்திவிடுகிறது.

எலெக்ட்ரான்கள் குவியப்பெறும் இலக்காக அமைந்த தகடு கீழ்க்கண்ட பண்புகள் கொண்டதாக இருக்க வேண்டும்.

(1) அணுவெண் அதிகமாக உள்ள உலோகமாக இருக்க வேண்டும். அணுவெண் அதிகமாக இருந்தால் X–கதிர்களும் அதிக அளவில் உண்டாகின்றன.

(2) உயர்ந்த உருகுவரை (melting point) உள்ள உலோகமாக இருத்தல் வேண்டும். அப்போதுதான் எலெக்ட்ரான்களின் தாக்குதலால் ஏற்படும் வெப்பத்தால் அது உருகிவிடாது.

(3) அந்த உலோகம் எளிதில் கடத்தியாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(4) எளிதில் ஆவியாகாத உலோக மாகவும் இருக்க வேண்டும்.

கடின, மிருது X–கதிர்கள் : X–கதிர் குழாயில் உள்ள காற்றின் அமுக்கம் மிகக் குறைவாக இருந்தால் X–கதிர்களை உண்டாக்க அதிகமான மின்னழுத்தம் வேண்டி இருக்கும். உண்டாகும் X–கதிர்களும் ஆற்றல் மிகுந்திருக்கும்; ஊடுருவிச் செல்லும் திறனும் அதிகமாக இருக்கும். இவைகளுக்குக் கடின X–கதிர்கள் (hard x-rays) என்று பெயர். குழாயிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் மிகக் குறைவாக இல்லாது இருப்பின், ஊடுருவிச் செல்லும் திறன் குறைந்த X–கதிர்களே உண்டாகின்றன. இவைகளுக்கு மிருது X–கதிர்கள் (soft x-rays) எனப் பெயர்.

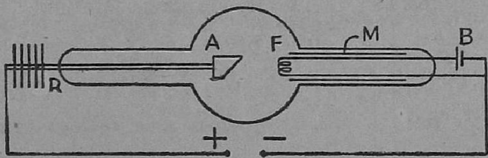
கண்ணாடிக் குழாயும் மின்வாய்களும் ஓரளவு காற்றணுக்களைக் கிரகித்துக் கொண்டே இருக்கின்றன. இதனால் காற்றின் அமுக்கம் வரவரக் குறைவுபடுவதால் குழாய் கடினமாகிவிடுகிறது. இதை மிருதுவாக்குவதற்குத் தகுந்த ஒரு சாதனம் இதில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஹைட்ரஜன் வாயு கிரகிக்கப்பட்டுள்ள பல்லாடியம் தகடுகள் (palladium foils) T என்ற குழாயினுள் அடைக்கப்பட்டுள்ளன. குழாய் கடினமானதும் மின்சாரம் குழாயின் மூலம் செல்ல இயலாமல் P என்ற இணைப்பிலிருந்து T என்ற இணைப்புக்கு நேரடியாகத் தாவிப் பாய்கின்றது. இதனால் T என்ற குழாய் சூடேறுகிறது. ஆகவே கிரகிக்கப்பட்டுள்ள ஹைட்ரஜன் வாயு பல்லாடியத் தகடுகளிலிருந்து சிறிது சிறிதாக விடுவிக்கப்படுகிறது. இதனால் குழாயிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் வரவர உயர்ந்து குழாய் மிருதுவடைகின்றது.

விடுவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தால், உண்டாகும் X–கதிர்களின் செறிவு (intensity) அதிகரிக்கிறது என்கிறோம். இந்த வாயுக்குழாயில் எக்ஸ்-கதிர்களின் செறிவை வேண்டியவாறு மாற்ற முடியாது. இதை

விடச் சிறந்த முறையில் வேலை செய்யக்கூடிய எக்ஸ்–கதிர்க் குழாயைக் கூலிட்ஜ் (Coolidge) என்பவர் 1913-ஆம் ஆண்டில் அமைத்தார்.

கூலிட்ஜ் குழாய்: இந்தக் குழாயிலுள்ள காற்று பெரும் அளவிற்கு நீக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் இதில் காற்றுத் துளி கூட இல்லை என்றே சொல்லலாம்.

குமிழின் ஒருபுறம் F என்ற டங்ஸ்டன் கம்பி இழை பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது [படம் 82]. இது எதிர் மின்வாயாக அமைந்துள்ளது. இக்கம்பியிழை B என்ற ஒரு மின்கல அடுக்குடன் (battery) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்சாரம்



படம் 82. கூலிட்ஜ் குழாய்

பாயும்போது கம்பியிழை சூடேறிச் சிவந்து எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றது. கம்பியிழையைக் குழிந்த உலோகத் தகட்டின் நடுவே அமைத்தால் விடுவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு புள்ளியில் குவியப்பெறும். A என்ற டங்ஸ்டன் தகடு ஒரு செப்புக் கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்டுக் குழாயினுள் பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. குழாய்க்கு வெளியே செப்புக்கம்பியின் மீது இணைக்கப்பட்டுள்ள R என்ற தகடுகள் வெப்பத்தை எளிதில் கடத்துவதற்குப் பயன்படுகின்றன. டங்ஸ்டன் தகட்டில் ஏற் படும் வெப்பத்தை எளிதில் வெளியாக்குவதற்குக் குழாயைச் சுற்றித் தண்ணீரைப் பாயச்செய்து குளிர வைப்பதும் உண்டு.

தூண்டுசுருள் கருவியின் நேர்முனையுடன் செப்புக்கம்பி இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எதிராகவுள்ள கம்பியிழை தூண்டு சுருள் கருவியின் எதிர்முனையுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. மின்கல அடுக்கிலிருந்து கம்பி இழை மூலம் மின்சாரம் பாயும் போது கம்பி இழை சூடேறிச் சிவந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளி வீசுகிறது. தூண்டுசுருள் கருவி வேலை செய்யும்போது வெளி

வரும் எலெட்க்ரான்கள் நேர் மின்சாரங்கொண்ட டங்ஸ்டன் தகட்டை நோக்கிக் கவரப்பட்டு வேகம் பெறுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் கொடிய வேகத்தில் டங்ஸ்டன் தகட்டின் மீது குவியப் பெறுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் சட்டெனத் தடுத்து நிறுத்தப்படுவதால் அவற்றின் இயக்க ஆற்றல் எக்ஸ்–கதிர்களாகத் தோன்றுகின்றன.

இந்த X–கதிர்க்குழாயினுல் பல அனுகூலங்கள் உண்டு. X–கதிரின் செறிவையும், தன்மையையும் எளிதில் மாற்றலாம். கம்பியின் மூலம் பாயும் மின்னேட்டத்தின் அளவை அதிகரித்தால் அதிக எண்ணிக்கையுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவரும். இதனுல் உண்டாகும் X–கதிர்களின் ஆற்றல் அதிகரித்து அவைகளின் செறிவு உயரும். X–கதிர்களின் தன்மை குழாயின் மீது பிரயோகிக்கக்கூடிய மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்திருக்கின்றது. உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைப் பிரயோகித்தால் ஊடுருவும் திறன் மிகுந்த கடின எக்ஸ்-கதிர்கள் உண்டாகின்றன. இவை கனமான பொருட்களின் மூலம் எளிதில் ஊடுருவிச் செல்லும். குழாயின் மீது பிரயோகிக்கும் மின்னழுத்தமும் குறைவாக இருந்தால் மிருதுவான X–கதிர்கள் உண்டாகின்றன. இவை ஊடுருவும் திறன் குறைந்தவை. இலேசான பொருட்களின் மூலமும், மெல்லிய தகடுகளின் மூலமுமே இவை ஊடுருவிச் செல்ல முடியும்.

X–கதிர்கள் ஈயத்தின் மூலம் ஊடுருவிச் செல்லா. இதனுல் X–கதிர்களால் பாதிக்கப்படாதவாறு குழாயானது ஈயக் கவசத்தால் மூடப்பட்டிருக்கும்.

X–கதிர்களின் குணங்கள் : இக்கதிர்களின் குணங்களைச் சற்று ஆராய்வோம்.

(1) இக்கதிர்கள் நேர்முகமாக நேர் கோட்டில் செல்பவை. இக்கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்லாத ஒரு தடை இக்கதிர்களுக்கு எதிரே இருப்பின், சாதாரண ஒளியைப் போன்று இக்கதிர்கள் தடையின் நிழலை உண்டாக்குகின்றன,

(2) இக்கதிர்கள் வெப்பம், ஒளி இவை போன்ற ஒரு வகைக் கதிர்வீச்சேயாகும். ஒளியைப் போன்று இக்கதிர்களும்

அலை இயக்கம் கொண்டவை. இதன் அலை நீளம் மிக-மிகச் சிறியது; 10^{-5} செ. மீ. லிருந்து 10^{-9} செ. மீ. வரை உள்ளது.

(3) ஒரு எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒரு பொருளின் மீது தாக்கினால் அப்பொருள் வெப்ப மடைகிறது. ஆனால் X-கதிர்கள் ஒரு பொருளின் மீது தாக்கும் போது வெப்பம் எதுவும் உண்டாவதில்லை.

(4) இக்கதிர்கள் ஒளியின் வேகத்தில் (விநாடிக்கு $3X10^{10}$ செ. மீ.) பரவிச் செல்லுகின்றன.

(5) இக்கதிர்கள் காந்த மண்டலத்தாலும் மின்சார மண்டலத்தாலும் பாதிக்கப்படாது. திசை மாறாமல் நேர்முகமாகவே இயங்குகின்றன. ஏனெனில் அக்கதிர்களில் எவ்வித மின்னூட்டமும் கிடையாது.

(6) இக்கதிர்கள் ஒளியைப் போலவே ஒளிப்படத் தகட்டில் மாறுதலை உண்டாக்குகின்றன. ஒளியைக் கொண்டு படம் பிடிப்பது போல் X-கதிர்களைக் கொண்டும் படம் பிடிக்கலாம்.

(7) பேரியப் பிளாட்டினோ-சயனைடு போன்ற பொருட்களின் மீது இக்கதிர்கள் பட்டவுடன் அப்பொருட்களை ஒளிரச் செய்கின்றன. இதற்கு ஒளிர்வு (fluorescence) எனப் பெயர்.

(8) ஒரு படிகத்தின் மூலம் இக்கதிர்கள் பாய்ந்தால் அவை சிதறலுக்கு உட்படுகின்றன. இச்சிதறலால் ஏற்படும் விளைவை ஆராய்ந்து படிகத்தின் அணுக்களின் அமைப்பையும் X-கதிர்களின் அலை நீளத்தையும் அறிந்துள்ளார்கள்.

(9) இக் கதிர்கள் பொருட்களின் மூலம் ஊடுருவிச்செல்லும் தன்மையுள்ளவை. அட்டைத்துண்டு, தோல், அலுமினியம் போன்ற இலேசான உலோகத்தகடுகள், உடம்பின் தசை போன்றவைகளில் இக்கதிர்கள் எளிதாக ஊடுருவிச் செல்லும். ஆனால் இரும்பு, ஈயம, எலும்பு, இவைகளில் இக்கதிர்கள் எளிதில் ஊடுருவிச் செல்லா.

(10) இக்கதிர்கள் ஒரு வாயுவின் மூலம் பாய்ந்தால் அவ்வாயுவின் அணுக்களை அயனிகளாக (ions) மாற்றி விடு

கின்றன. இக்கதிர்கள் ஒரு அணுவைத் தாக்கும் போது அணுக் கருவைச் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரான்களில் இரண்டொன்றை வெளியேற்றிவிடுகின்றன. இதனுல் அணுவானது நேர் மின் சாரம் கொண்டதாகி விடுகிறது. இதுவே அயனி எனப் படுவது.

X–கதிர்களின் உபயோகங்கள் : இக்கதிர்கள் நமக்குப் பல வகைகளில் பயன்படுகின்றன

1. மருத்துவம் :—மனித உடலிலுள்ள எலும்புகள் கால்ஷியம், பாஸ்பரம் போன்ற கனமான பொருள்களைக் கொண்டவை. ஆனுல் உடலின் தசைகள் இலேசான பொருள் களாகிய கரி, ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் போன்றவைகளா லாகியவை. X–கதிர்க் கற்றைகள் மனித உடலின் எலும்பு களின் மூலம் ஊடுருவிச் செல்லா ; ஆனுல் தசைகளின் மூலம் எளிதாக ஊடுருவிச் செல்லும். அக் கதிர்களைக் கொண்டு மனித உடலைப் படம் பிடித்தால், எலும்புகளுள்ள பாகம் இருண்டு தசைகளுள்ள பாகங்களிலிருந்து வேறுபட்டுத் தோன்றும். இதனுல் எலும்பிலுள்ள முறிவுகளை X–கதிர்ப்படம் கொண்டு அறியலாம். இதன்றி, உடலில் பாய்ந்துள்ள துப்பாக்கிக் குண்டுகள், தற்செயலாக விழுங்கப்பட்ட ஊசிகள், காசுகள், காசநோய் பிடிப்பு, புற்று நோய் இவை இருக்கு மிடத்தைத் திட்டமாக X–கதிர் படத்திலிருந்து அறியலாம்.

உடலில் குடல் போன்ற தசைப் பாகங்களில் ஏற்பட்டுள்ள வேண்டாத வளர்ச்சியை X–கதிர் கொண்டு பின்வரும் முறையில் அறிகிருர்கள். பேரியம் சல்பேட்டு கலக்கப்பட்ட பால் உணவு பேரிய உணவு (barium meal) எனப்படும். இவ்வுணவை உட்கொண்டால் இது குடல் வழியாகச் செல்லு கிறது. பேரியத்தின் மூலம் X–கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்லா. ஆகவே குடல் கருமையாகக் குடலில் ஏற்பட்டுள்ள புற் வளர்ச்சியிலிருந்து மாறுபட்டுத் தெளிவாகத் தோன்றும். இது வளர்ந்துள்ள இடத்தை அறிந்து மருத்துவர் தகுந்த சிகிச்சை செய்வார்கள். இவ்வாருகத் தேகத்திலுள்ள கோளாறுகளையும், வியாதிகளையும் X–கதிர்கள் மூலம் கண்டறிந்து அவற்றிற் கான சிகிச்சைகளைக் கையாளுவதல்லாமல் X–கதிர்களையே

சிகிச்சைக்கும் பயன்படுத்துகிறுர்கள். தேவையற்ற தசைப் பாகங்களை X-கதிர்கள் கொண்டு அழிக்கலாம். மூன்று X-கதிர்க்கற்றைகளைத் தேவையற்ற தசைகளின் மீது குவியச் செய்து அவைகளை அழிக்கிறுர்கள். சில வகைப் புற்று நோய்கள், கட்டிகள், தோல் சம்பந்தப்பட்ட வியாதிகள் ஆகியவை X-கதிர்களைக் கொண்டு குணமாக்கப் படுகின்றன.

2. படிகத்தின் அமைப்பு :—ஒரு படிகத்தின் அணுக்கள் ஒன்றுக்கொன்று வரையறுக்கப்பட்ட தூரத்தில் ஓர் குறிப்பிட்ட முறையில் அமைந்துள்ளன. ஒரு படிகத்தின் மூலம் X-கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்லும்போது அவை சிதறலுக்கு (scattering) உட்படுகின்றன. சிதறப்பட்ட X-கதிர்க் கற்றைகளைப் படம் பிடித்தால் படத்தில் பல புள்ளிகள் ஒழுங்கான வடிவில் அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். இந்த அமைப்பிலிருந்து படிகத்தின் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தைக் கணிக்கிறுர்கள். இதிலிருந்த படிகத்தின் அமைப்பை அறிய முடிகிறது.

3. தொழிற்சாலை :—தொழிற்சாலைகளில் X-கதிர்கள் மிகவும் உபயோகப்படுகின்றன. எஃகு வார்ப் படங்களிலும், உலோகப் பற்றவைப்புக்களிலும் உள்ள கண்ணுக்குத் தெரியாத வெடிப்புக்கள், காற்றுப் போறைகள் போன்ற ஊனங்களை அறிய X-கதிர்கள் உதவுகின்றன. உலோகங்களின் படிக அமைப்பை அறிய X-கதிர்கள் உதவுகின்றன. பழங்காலச் சித்திரங்களைப் புதியன வற்றிலிருந்து பிரித்தறிய X-கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. சித்திரங்களின் கால வேறுபாட்டினுல் அவைமூலம் X-கதிர்கள் ஊடுருவும் தன்மை மாறுபடுகின்றது. இந்த மாறுபாட்டிலிருந்து நவீன காலச் சித்திரங்களையும் புராதனச் சித்திரங்களையும் பிரித்து அறியலாம்.

X-கதிர்கள் வேறு பலவகைகளிலும் பயன்படுகின்றன, உதாரணமாக, பீங்கான் இன்சுலேட்டர் (porcelain insulator), கரி மின் முனைகள், விமானத்தின் முன் தள்ளிகள், செயற்கை முத்துக்கள் போன்றவைகளைப் பரிசோதித்து, அவைகளில்

உள்ள வேறுபாடுகளைத் தீர்மானிப்பதற்கும், கை ரேகைகளைச் சோதிப்பதற்கும், வெடி குண்டுகளைச் சோதித்தறியவும், நல்ல புதிய முட்டைகளைத் தெரிந்தெடுக்கவும், மறைத்துக் கடத்தப் படும் பொருட்களை சுங்க இலாக்காவில் கண்டு பிடிக்கவும், தாவரங்களின் உள்ளியக்கங்களைக் கண்டறியவும் X-கதிர்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

19. கதிரியக்கம்

எக்ஸ் - கதிர்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது போலவே எதிர் பாராத விதமாக கதிரியக்கமும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. ராண்ட்ஜன் என்ற விஞ்ஞானி எக்ஸ் - கதிர்களின் பண்புகளை ஆராய்ந்து வருங்கால், பிரான்ஸ் தேசத்துப் பௌதிக அறிஞரான ஹென்ரி பெக்வெரல் (Henry Bequerel) என்பவர் சிலவகை உப்புகளின் மீது சூரிய ஒளி படுவதால் ஏற்படும் ஒளிர்வு ஒளியை (fluorescent light) ஆராய்ந்து வந்தார்.

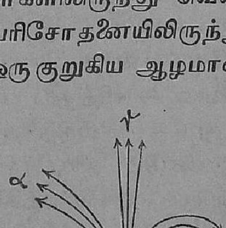
ஒருசமயம் அவர் பொட்டாசியம், யுரேனியம் இவற்றின் இரட்டை சல்பேட்டுகளைப் பரிசோதித்துக் கொண்டிருந்தார். ஒருநாள் வானம் மப்பும் மந்தாரமுமாக இருந்தது. அவர் பரிசோதித்த உப்பை ஒரு தாளில் மடித்து மேசைக்குள் வைத்தார். எதிர்பாராத விதமாகச் சில புதிய ஒளிப்படத் தகடுகள் அதே மேசைக்குள் இருந்தன. வேறொரு ஆராய்ச்சிக்காக ஒளிப்படத் தகடுகளை எடுத்துப் பார்த்தபோது அவை முற்றிலும் கெட்டுப்போய் இருப்பதைக் கண்டார். ஒளிப்படத் தகட்டின்மீது ஒளிக் கற்றை படுவதாலேயே கெட்டு விடுகிறது என்பது யாவரும் அறிந்தது. மேற்கூறிய நிகழ்ச்சியிலிருந்து அந்த உப்புப் பொருள் ஒருவிதக் கதிர் வீச்சை (radiation) வெளியாக்குகின்றது என்றும், அக்கதிர் வீச்சினாலேயே ஒளிப் படத்தகடு கெட்டுப் போய்விட்டது என்றும் அவர் தீர்மானித்தார். அவர் மேலும் தொடர்ந்து ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி, யுரேனியம் கொண்ட எல்லா உப்புக்களுமே இது போன்ற கதிர் வீச்சை வெளியாக்குகின்றன என்ற முடிவுக்கு வந்தார்.

பியாரே க்யூரி (Pierre Curie) என்பவரும், அவருடைய மனைவியார் க்யூரி அம்மையாரும் (Madame Curie) பிச்ப்ளெண்ட் (Pitch blende) என்ற கனிப்பொருள் (mineral) இதர உப்புக்களைவிடத் தீவிரக் கதிர் வீச்சை வெளியாக்குவதாகக் கண்டார்கள். அவர்கள் ரசாயன ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி அத்தீவிரக் கதிர் வீச்சிற்குக் காரணம் அக் கனிப்பொருள் கொண்டுள்ள ரேடியம், பொலோனியம் என்ற உலோகங்களே

என்ற முடிவுக்கு வந்தனர். முன்குறிப்பிட்ட உப்புக்களில் உள்ள யுரேனியத்தைக் காட்டிலும் அக்கனிப் பொருளில் உள்ள பொலோனியம் ஆயிரம் மடங்கு வீரியம் உள்ளது என்றும், ரேடியம் பத்துலக்ஷம் மடங்கு ஆற்றல் கொண்டது என்றும் கண்டார்கள். இதிலிருந்து ரேடியத்தின் பேராற்றலை அவர்கள் நிலை நாட்டினார்கள். யுரேனியம், பொலோனியம், ரேடியம் ஆகிய உலோகங்கள் வெளியாக்கும் கதிர் வீச்சுக்குக் கதிரியக்கம் (radio-activity) எனப் பெயர். இந்தப் புகழ் பெற்ற ஆராய்ச்சிக்காக 1903-ம் ஆண்டில் க்யூரி குடும்பத்தாருக்கு நோபல் பரிசுகள் வழங்கப்பட்டன.

கதிரியக்கம் வெப்பத்தாலோ, பௌதிக-ரசாயன மாற்றங்களாலோ மாறுதல் அடைவது கிடையாது. கதிரியக்கம் கொண்டுள்ள பொருளை உருக்கித் திரவமாக்கி ஆவியாக மாற்றினாலும் கதிரியக்கத்தில் எவ்வித மாறுதலும் ஏற்படுதில்லை. பௌதிக-ரசாயன மாற்றங்கள் அணுவைச் சுற்றிவரும் எலெக்ட்ரான்களையே பாதிக்கக் கூடியன. இதனால் கதிரியக்கம் என்னும் நிகழ்ச்சி அணுக் கருவைச் சார்ந்திருக்க வேண்டுமெனத் தெரிகிறதல்லவா!

கதிரியக்கம்: கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து வெளியாகும் கதிர் வீச்சை ஒரு எளிய பரிசோதனையிலிருந்து அறியலாம். ஒரு ஈயக் கட்டியின் நடுவில் ஒரு குறுகிய ஆழமான குழியைத் தோண்டி, அதனுள் ஒரு ரேடியத் துண்டை வைக்க வேண்டும். இந்த அமைப்பை வெற்றிடமாக்கப் பட்ட ஒரு அறைக்குள் வைக்கவேண்டும். மேல் நோக்கி வெளி வரும் கதிரியக்கத்தைக் காந்த மண்டலத்தைக் கொண்டு பரிசோதித்து ஆராயலாம். இப்படம் வரையப் பட்ட தாளுக்கு செங்கோணத்தில் (normal) காந்த மண்டலத்தை அமைக்க வேண்டும். கதிரியக்கம் மூன்று பகுதிகளாப் பிரிவதைக் காணலாம். ஒரு பகுதி இடப்புறமாகச் சிறிதளவே விலக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது பகுதி வலப்



படம் 83.
கதிரியக்கத்தை ஆராய்தல்

*

புறமாகப் பெருமளவில் விலகலுறுகிறது. எஞ்சிய பகுதியோ விலகல் எதுவும் இன்றி நேர் முகமாகச் செல்கின்றது.

இடதுபுறமாக விலகியுள்ளவை நேர்மின்சாரம் கொண்ட துகள்கள். இவை ஆல்பா-துகள்கள் (alpha particles) எனப்படும். வலதுபுறமாகப் பெருமளவில் வளைந்து செல்லுபவை எதிர்மின்சாரம் கொண்ட துகள்கள். இவைகளுக்கு பீட்டா துகள்கள் (beta particles) எனப் பெயர். விலகலின்றி நேராகச் செல்லுபவை எவ்வித மின்சாரமும் அற்றவை. இவை ஒளிக்கதிர், வெப்பக் கதிர் போன்று கதிர் வீச்சாக இருப்பதால் காந்த மண்டலத்தால் பாதிக்கப்படாது நேராகச் செல்லுகின்றன. இவைகளுக்கு காமா-கதிர்கள் (gamma rays) எனப் பெயர். எனவே, ஆல்பா, பீட்டா, காமா என்ற மூவகைக் கதிர் வீச்சுக்களைக் கொண்டதே கதிரியக்கம் ஆகும்.

ஆல்பா–கதிர்கள் :—கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து வெளியாகும் ஆல்பா–துகள் ஹைட்ரஜன் அணுக் கருவியைப் போல் நான்கு மடங்கு பளுவுள்ளது. அது கொண்டுள்ள மின்சாரமோ இரண்டு புரோட்டான்களின் மின்னூட்டத்தின் அளவுடையது. ஹீலிய அணுக் கருவின் அமைப்பும் இது போன்றதே. ஆக, ஆல்பா–துகள்கள் ஹீலிய அணுக்கருக்களே என்று சொல்லலாம். உண்மையில் ஆல்பா–துகள்களைச் சேகரித்துப் பரிசோதித்ததில் அவை ஹீலியமாக இருப்பது தெரிய வந்தது. இதனுல் இரண்டு புரோட்டான்களும், இரண்டு நியூட்ரான்களும் பின்னிப்பிணைந்து நிற்பதே ஆல்பா–துகள் ஆகும்.

பீட்டா–கதிர்கள்:—கதிரியக்கத்திலுள்ள பீட்டா–துகள்கள் எலெக்ட்ரானைப் போன்றே எடையும், மின்னூட்டமும் கொண்டவை. இவை எடையில் வெகு குறைவாக இருப்பதால் காந்த மண்டலத்தால் பெருமளவில் விலக்கப்பட்டு வளைந்து செல்லுகின்றன.

காமா–கதிர்கள்:—இக்கதிர்கள் ஒளி, வெப்பம், X-கதிர்கள் போன்ற கதிர் வீச்சுக்களே. இவைகளுக்கு எவ்வித மின்னூட்டமும் கிடையாது. இவை ஒளியின் வேகத்தில் (விநாடிக்கு

3×10^{10} செ. மீ. வேகம்) பரவிச் செல்லுகின்றன. அவை X-கதிர்களைவிட மிகுந்த அலைவெண் (frequency) பெற்றிருப்பதால் X-கதிர்களைவிட மிகுந்த ஆற்றல் உடையனவாயிருக்கின்றன. அவைகளின் மிகுந்த அலைவெண்ணால் அவைகளின் அலைநீளம் மிகக் குறைந்தேயிருக்கும். அவைகளின் அலைநீளம் 1 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகிலிருந்து $\frac{1}{100}$ ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு வரை மிகக் குறைந்த அளவுள்ளதாயிருக்கும்.

அணுமாற்ற விதி (Displacement law) :—மூலகங்களின் அணுக்களை அவைகளின் எடைகளுக்கேற்ப வரிசைப்படுத்துவது மூலக அட்டவணை (periodic table) ஆகும். அதில் இலேசாகவுள்ள அணுக்கள் அட்டவணையின் ஆரம்பத்திலும் கனமானவை அட்டவணையின் கடைசியிலும் காணப்படும். கதிரியக்கத்தின் விளைவால் பளுவான அணுக்கள் வேறு மூலங்கங்களாக மாறுவதுண்டு. இதனால் மூலக அட்டவணையில் ஒரு மூலகம் இருக்கவேண்டிய இடத்தைவிட்டு வேறொரு இடத்திற்கு மாறுகிறது. எந்த வகையில் ஒரு மூலகம் வேறொரு மூலகமாக மாறுகிறது என்பதை விளக்குவதே அணுமாற்ற விதியாகும்.

யுரேனியம் போன்ற பளுவான அணுக்களின் கருவில் பெருத்த எண்ணிக்கையுள்ள துகள்கள் அடங்கியிருப்பதால் அணுக்கரு எளிதில் மாறக்கூடிய தன்மை வாய்ந்ததாக இருக்கிறது. யுரேனிய அணுக் கருவின் பொருண்மை எண் 238; இதில் உள்ளவற்றில் 92 துகள்கள் புரோட்டான்கள், மற்ற 146 துகள்களும் நியூட்ரான்கள் ஆகும். கனத்த அணுக்கரு இயல்பிலேசிறிது, சிறிதாக உடையும் தன்மையுடையது. கதிரியக்கத்தின் விளைவால் யுரேனிய அணுக்கரு ஒரு ஆல்பா-துகளை வெளியாக்கும்போது, இரண்டு புரோட்டான்களையும் இரண்டு நியூட்ரான்களையும் அணுக் கருவிலிருந்து வீசி எறிகிறதல்லவா? இதனால் அதன் பொருண்மை எண் நான்கு குறைந்து விடுகிறது; அதன் அணுவெண் இரண்டு குறைந்து விடுகிறது. இதனால் யுரேனிய அணுக்கரு வேறொரு புதிய அணுக்கருவாக ஆகிவிடுகிறது. புதிய அணுக்கருவும் கதிரியக்கம் கொண்டுள்ளதால், அப்புதிய அணுக்கரு ஒரு பீட்டா-

துகளை வெளிவிடுகிறது. கதிரியக்கம் அணுக் கருவின் செயல். அணுக்கருவில் புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களுமே உண்டு என நாமறிவோம். எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவில் இல்லை. அப்படி இருக்க எலெக்ட்ரானை ஒத்த பீட்டா–துகளை அணுக் கருவிலிருந்து வெளி வீசுவது எப்படி? அணுக் கருவிலுள்ள நியூட்ரான் என்னும் துகளைப் புரோட்டான், எலெக்ட்ரான் என்ற இருவகைத் துகள்களின் சேர்க்கை என்று பாவிக்கலாம். ஒரு நியூட்ரான் ஒரு பீட்டா–துகளை (எலெக்ட்ரானை) வெளியாக்கியபின் புரோட்டானாக மாறிவிடுகிறது! இதனால் பொருண்மை எண்மாறுதல் அடையாமல் அணுவெண் மட்டும் ஒன்று உயர்ந்து விடுகிறது. இதன் விளைவால் அணுக்கரு புதிய வேறொரு அணுக் கருவாக மாறிவிடுகிறது.

இவ்வாறாக, யுரேனிய அணு ஒரு ஆல்பா-துகளை வெளியாக்கி,புதிய வேறொரு அணுக்கருவாக மாறிவிடுகிறது. இந்தப் புதிய அணுக் கருவும் கதிரியக்கம் கொண்டுள்ளதால் அடுத்த படியாக ஒரு பீட்டா–துகளை வெளியாக்கிப் புதியதொரு அணுக் கருவாக மாறிவிடுகிறது. இப்புதிய அணுக்கருவும் கதிரியக்கம் கொண்டிருப்பதால் மேலும், தொடர்ந்து ஆல்பா, பீட்டா துகள்களை வெளி வீசி, கடைசியாக நிலைபெற்றதும், மாறும் தன்மையற்றதுமான ஈயமாக மாறிவிடுகின்றது. இவ்வாறு யுரேனியத்தில் ஆரம்பித்து, படிப்படியாக மாறிக் கடைசியாக ஈயத்தில் முடிவடைவதற்கு யுரேனிய வரிசை (uranium series) என்று பெயர்.

இது போலவே, தோரியம் என்ற மூலகத்தில் ஆரம்பித்து ஈயத்தில் முடிவடையும் தோரிய வரிசையும், ஆக்டீனியம் என்னும் மூலகத்தில் தொடங்கிக் கதிரியக்கத்தின் விளைவால் ஈயத்தில் முடிவடையும் ஆக்டீனியம் வரிசையும் உண்டு. இவ்வாறாக இயற்கையில் மூவகைக் கதிரியக்க வரிசைகள் உள.

சிதைவுவிதி (law of disintegration): கதிர் இயக்கப் பொருள்களின் ஆற்றல் ஒன்றுக்கொன்று வெவ்வேறானது. அதிக வீரியமுள்ள கதிரியக்கப் பொருள்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் மற்றொன்றைவிட அதிக எண்ணிக்கையுள்ள அணுச் சிதைவுகளை ஏற்படுத்தும். வீரியம் குறைவான கதிரியக்கப்

பொருள் குறைவான எண்ணிக்கையுள்ள அணுச்சிதைவு களையே உண்டுபண்ணும். எந்த ஒரு கதிரியக்கப் பொருளும் அதிலுள்ள அணுக்கள் யாவும் சிதைவுற்று, ஆற்றலற்றுப் போவதற்கு அளவற்ற நேரம் (infinite time) பிடிக்கும். இத ஞல் அதன் ஆயுட் காலம் அளவற்றது எனலாம். ஆற்றல் குறைவாக உள்ளதும், ஆற்றல் மிகுந்ததுமான கதிரியக்கப் பொருள்கள் யாவும் ஆற்றலற்றுப் போவதற்கு அளவில்லாத நேரமே பிடிக்கிறது. இதனுல் ஆயுளைக் கொண்டு அவை களின் வீரியத்தைப் பாகுபடுத்த முடியாது. ஆகவே, வேருெரு முறையைக் கையாண்டு கதிரியக்கப் பொருள்களின் வீரியத் தைப் பாகுபடுத்துகிருர்கள்.

கதிரியக்கப் பொருளிலுள்ள அணுக்களில் பாதி எண் ணிக்கையுள்ள அணுக்கள் சிதைவுற்றுப் புதிய அணுக்களாக மாறுவதற்கு வேண்டிய கால அளவைக் கணித்தால், வெவ் வேறு பொருட்களும் வெவ்வேறு காலம் கொண்டவையாயிருக் கின்றன. இக்கால அளவிற்கு "அரை ஆயுட் காலம்" என்று பெயர். ஒரு ரேடியத்துண்டில் 50 லக்ஷம் அணுக்கள் இருந் தால் அதன் அரை ஆயுட்காலமான 1600 ஆண்டுகளுக்குப் பின் 25 லக்ஷம் அணுக்கள் சிதைவுற்று வேறு புதிய அணுக்க ளாக மாறியிருக்கும்; மீதி 25 லக்ஷம் ரேடிய அணுக்கள் சிதை வுருமல் இருக்கும். இந்த அரை ஆயுட்காலத்தைக் கொண்டே கதிரியக்கப் பொருள்கள் பாகுபடுத்தப்படுகின்றன. உதாரண மாக, யுரேனியத்தின் அரை ஆயுட்காலம் 450 கோடி ஆண்டு கள்; தோரியத்தின் அரை ஆயுட்காலம் 1400கோடி ஆண்டுகள். இவைகளுக்கு மாருகச் சில நாட்கள், சில மணிகள், சிலவிநாடி கள், ஏன், விநாடியில் ஒரு நுண்ணிய பகுதி அரை ஆயுட் காலம் கொண்ட கதிரியக்கப் பொருள்களும் உண்டு.

செயற்கை அணுமாற்றம் (artificial transmutation): இயற்கையில் யுரேனியம் போன்ற கதிரியக்கப் பொருள்கள் ஆல்பா, பீட்டா-துகள்களை வீசியெறிந்து புதிய புதிய அணுக் களாக மாறுகின்றன. இயற்கையில் நடைபெறும் இந்த மாறுதல்களைக் கண்ட விஞ்ஞானிகள் செயற்கை முறையிலும் ஒரு பொருளைப் பிறிதொரு பொருளாக மாற்றும் செயலிலீடு

பட்டார்கள். ஒரு பொருளை வேருெரு பொருளாக மாற்றுவதற்கு அணுக்கரு சிதைவுற வேண்டும் அல்லது அணுக்கருவோடு வேறு துகள்கள் வந்து ஒன்று சேரவேண்டும்.

சாதாரணமாக ஆல்பா-துகள், புரோட்டான், நியூட்ரான் போன்ற துகள்களைப் பாணமாக உபயோகித்து அணுக்கருவை நோக்கி வீசுகிருர்கள். ஆல்பா-துகளும், புரோட்டானும் நேர் மின்சாரம் கொண்டிருப்பதால், நேர் மின்சாரம் கொண்ட அணுக்கருவை அணுகும்போது அவை நெருங்கவொட்டாமல் விலக்கித்தள்ளப் படுமல்லவா? இதனுல் இவைகளுக்கு சைக்ளோட்ரான் (cyclotron) என்னும் கருவியைக் கொண்டு மிகுந்த வேகங்கொடுத்து இவைகளை அணுக்கருவின் மீது வீசுகிருர்கள். நியூட்ரான் மின்சார மற்றது. அணுக்கருவினுள் தங்குதடையின்றிச் செல்லக்கூடியது இதனுல், மற்றத் துகள்களைவிட நியூட்ரான் செயற்கை அணுமாற்றத்திற்கு வெகுசிறந்தது. இப்பாணங்கள் அணுக்கருவினுள் சென்று, அணுவைச்சிதைக்கின்றன. இதனுல், கருவிலிருந்து புரோட்டான், ஆல்பா-துகள், நியூட்ரான் போன்ற ஏதேனுமொரு துகள் வெளிவருகிறது. இவ்வாருகப் புது அணுக்கருவாக மாறிவிடுகிறது. இதுவே செயற்கை அணுமாற்றம்.

முதன் முதலாக ரதர்ஃபோர்டு (Rutherford) என்பவர் தான் செயற்கை அணுச்சிதைவில் வெற்றி பெற்றவர். நைட்ரஜன் அணுக்கருக்கள் ஆல்பா-துகள்களால் தகர்க்கப்படும் போது ஆக்ஸிஜன் அணுக்கருக்களாக மாறுவதைக் கண்டார். அன்றே முற்காலத்தில் ஈயத்தைத் தங்கமாக மாற்றுவதற்கு முயன்று வந்த ரசவாதிகளின் கனவு நனவாக முடிந்தது என்று சொல்லலாம்.

இந்தப் புரட்சிகரமான ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து வெவ்வேறு அணுக்களையும் வெவ்வேறு வகைத் துகள்களைக் கொண்டு தகர்க்கும் முறையில் பல விஞ்ஞானிகள் ஈடுபட்டார்கள். துகள்களின் தாக்குதல்களால் அணுக்கரு மாறுதலுக்குட்பட்டுப் புதியதொரு அணுக்கருவாக மாறுவதோடு, அப்புதிய அணுக்கருவும் கதிரியக்கம் கொண்டுள்ளது என்ற

உண்மையை 1931-ல் க்யூரிகள் கண்டு பிடித்தார்கள். அலு மினியம் ஆல்பா-துகள்களால் தகர்க்கப் பட்டபொழுது, அது பாஸ்பரமாக மாறிற்று. இவ்வாறு உண்டான பாஸ்பரம் கதிரியக்கம் கொண்டதாக இருந்தது; அன்றியும் அது பாஸ்பரத்தின் ஐசோட்டோப் பாகவும் இருந்து. இவ்வாறு, செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட கதிரியக்கப் பொருள்கள் ஆல்பா, பீட்டா துகள்களை வெளியாக்கிக் கடைசியாக மாறுதலற்ற, நிலையான அணுக்கருக்களாக மாறின. இவ்வாருகச் செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்படும் கதிரியக்கப்பொருள்களுக்குச் செயற்கைக் கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் (artificial radio-isotopes) என்று பெயர். செயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருட்கள் பல வகைகளில் இன்று நமக்குப் பயன்படுகின்றன. வேண்டிய அரை ஆயுட் காலங்கொண்ட கதிரியக்கப் பொருட்களைத் தெரிந்தெடுத்துத் தகுந்த விதத்தில் பயன்படுத்துகிருர்கள்.

செயற்கைக்கதிரியக்கப் பொருட்களின் உபயோகங்கள் : கதிரியக்கப் பொருளிலிருந்து வெளிவரும் காமா-கதிர்கள், X–கதிர்களைப் போன்ற தன்மையுடையனவாதலால் அவை பல வகைகளில் நமக்குப் பயன்படுகின்றன.

1.மருத்துவம் :—புற்றுநோய், கட்டிகள், போன்ற நோய்களைக் குணப்ப்டுத்த X–கதிர்கள் பயன்படுவதுபோல, கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து வரும் காமா-கதிர்களும் பயன்படுகின்றன. ரேடியம் போன்ற இயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருள்கள் பெரிதும் இந்நாட்களில் பயன்பட்டு வருகின்றன. கதிரியக்கக் கோபால்ட் புற்றுநோய்க்குச் சிறந்த மருந்தாகும். கதிரியக்க அயோடின் தைராயிடு சுரப்பியில் ஏற்படும் நோய்களுக்குச் சிறந்தது. கதிரியக்கக் குரோமியம் ரத்தத்திலுள்ள சிவப்புக் கணங்களைக் கணிப்பதற்குப் பயன்படுகிறது. இரத்த ஓட்டத்தின் வேகம் போன்ற புள்ளி விவரங்களைக் கணிப்பதற்குக் கதிரியக்க சோடியத்தைத் தேகத்தினுட் செலுத்துகிருர்கள். எலும்பில் எத்தனை சதவீதம் கால்ஸியம் இருக்கிறது என்று கண்டறியக் கதிரியக்கக் கால்சியத்தை உபயோகிக்கிருர்கள். இது போன்று பல வகைகளில் செயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருட்கள் மருந்தாகப் பயன்படுகின்றன.

2. **விவசாயம்:** தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான உரங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கக் கதிரியக்கப் பாஸ்பரம், கால்ஷியம், சோடியம் போன்றவைகளைக் கொண்டு ஆராய்ச்சி செய்கிறார்கள். தாவரங்கள் ஒளிச் சேர்க்கையால் (photo-synthesis) எவ்வாறு தங்களின் உணவைத் தயாரிக்கின்றன என்று கண்டுபிடிக்கக் கதிரியக்கக் கரியைப் பயன்படுத்துகின்றனர். செடிகள் சூரிய ஒளிகொண்டு, புரோட்டீன்களும், கார்போ ஹைட்ரேட்டுகளும் சேகரிக்க, எப்படிக் கார்பன்-டை-ஆக்சைடைப் பயன்படுத்துகின்றன என்பதைக் கதிரியக்கக் கார்பன் கொண்டு அறிகிறார்கள். ஒரு செடிக்குக் கதிரியக்கப் பாஸ்பேட்டைச் செலுத்தி, அதன் இலைகளில் ஓர் ஒளிப்படத் தகட்டைப் பொருத்தி வைத்தால், அவ்விலைகளின் வளரும் பாகங்கள் மட்டும் கதிர் வீச்சை வெளிப்படுத்துகின்றன என்பதை அறியலாம். இதிலிருந்து செடியின் வளர்ச்சிக்கும் பாஸ்பரம் தேவை யென்பதையும் காண்கிறோம்.

தாவரங்களில் உண்டாகும் சிலவகை நோய்களைப் போக்குவதற்கும், பயிர்கள் நல்ல பலனைத் தருவதற்கும், பலவகையான கதிரியக்கப் பொருட்களை உரங்களோடு சேர்த்து அமெரிக்காவில் ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி வெற்றி கண்டுள்ளார்கள்.

3. **தொழில்:** தொழிற்சாலைகளில் கதிரியக்கப் பொருட்கள் அரியசேவை செய்கின்றன. எஃகு வார்ப்படங்களிலும் பற்றவைப்புகளிலும் உள்ள கண்ணுக்குத் தெரியாத வெடிப்புகள், காற்றுப் போறைகள் போன்ற மாசுக்களை அறியக் கதிரியக்கப் பொருளிலிருந்து வெளிவரும் காமா - கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. ஓர் இயந்திரத்தில் ஏற்படக்கூடிய தேய்மானத்தைக் கதிரியக்கப் பொருட்களைக்கொண்டு கணிக்கலாம். உராய்ந்து கொண்டிருக்கும் பாகங்களில் கதிரியக்கப் பொருட்களைத் தடவி விடுகிறார்கள். தேய்மானம் அதிகமாக இருப்பின் வெளியாகும் கழிவுப் பொருளின் கதிரியக்கம் அதிகமாக இருக்கும். தேய்மானம் குறைவாக இருந்தால், கழிவுப்பொருளின் கதிரியக்கம் சிறிதளவாகவே இருக்கும். கழிவுப் பொருளின் கதிரியக்கத்தைத் தகுந்த சாதனங்கள் கொண்டு கணிப்பதிலிருந்து, தேய்மானத்தை அறியலாம். ரப்பர் தொழிற்சாலை

யிலும், பிளாஸ்டிக் (plastic) தொழிற்சாலையிலும் கதிரியக்கப் பொருட்கள் ஒரு புதிய முறையில் பயன்படுகின்றன. ரப்பர் பிற பொருள்களின் மீது மோதி உராயும்போது மின்சாரம் உண்டாகும். மின்சாரத்தின் அளவு மிகுந்தால் தீப்பொறிகள் கூட ஏற்படும். இவ்வித நிகழ்ச்சிகளால் விபத்துகள் ஏற்படலாம். கதிரியக்கப் பொருட்களைத் தகுந்தவாறு உபயோகித்தால் அவை வெளிவிடும் மின்சாரங் கொண்ட துகள்கள் தீப்பொறிகளை அகற்றிவிடும்.

4. விஞ்ஞானம்: புராதன கட்டிடங்களிலும் புதைந்து கிடக்கும் எலும்புகளிலும் உள்ள கதிரியக்கக் கரி வெளிவீசும் கதிரியக்கத்தின் ஆற்றலை அளந்து, அவற்றின் வயதைக் கணிக்கிறார்கள். பெட்டைக்கோழிகளுக்கு வைக்கும் தீனியுடன் கதிரியக்கப் பாஸ்பரத்தையோ, கதிரியக்கக் கால்ஸியத்தையோ கலந்துவைப்பார்கள். அவை இடும்முட்டைகளிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்வீச்சைக் கணக்கிட்டு, முட்டையில் எந்த அளவு பாஸ்பரமோ, கால்ஸியமோ அமைந்துள்ளது என்று கண்டுபிடித்துள்ளார்கள்

20. அணுச்சக்தி

"அணுவைத் துளைத்தேழ் கடலைப் புகட்டிக்
குறுகத் தறித்த குறள்"

என்ற பாட்டை நாம் அறிவோம். இப்பாட்டு அணுவையும் துளைக்க முடியும் என்று நம் முன்னோர் கொண்டிருந்த நம்பிக்கையை நமக்குக் காட்டுகிறது. ஆனால் இன்று அத்தகைய அணுவைச் சிதைக்கவும் முடியும் என்பது மெய்யாகி விட்டது.

அணுக்கருவைச் சிதைத்து மாபெரும் சக்தியை விடுவிக்கலாமென்று நெடு நாட்களாக விஞ்ஞானிகள் கருதி வந்தார்கள். ரேடியம் போன்ற கதிரியக்கப் பொருட்களின் அணுக்கருவிலிருந்து இயற்கையாக ஆற்றல் வாய்ந்த ஆல்பா, பீட்டா துகள்களும், காமாக்கதிர்களும் வெளி வருவதைக் கண்டார்கள். இதனால் அணுக்கருவில் அபார ஆற்றல் பொதிந்திருக்க வேண்டுமென்று விஞ்ஞானிகள் கருதினார்கள். ஆகவே அணுக்கருவைச் சிதைக்கும் வேலையில் அநேக விஞ்ஞானிகள் முனைந்து நின்றனர்.

ரதர்ஃபோர்டு என்பவர் கதிரியக்கப் பொருள்கள் வெளி விடும் ஆல்பா துகள்களைப் பாணமாக உபயோகித்து அணுவைச் சிதைப்பதில் ஈடுபட்டு வெற்றி கண்டார். ஆல்பா துகள்களைப் பாணமாகக்கொண்டு நைட்ரஜன் அணுககளைத் தாக்கியபோது நைட்ரஜன் அணுவானது ஆக்ஸிஜன் அணுவாக மாறி விட்டது! உண்டான ஆக்ஸிஜனும் சாதாரண ஆக்ஸிஜனின் ஐசோட்டோப்பாக அமைந்திருந்தது. இவ்வாறு இலேசாக உள்ள அநேக மூலகங்களையும் வேறு புதிய மூலகங்களாக மாற்றலாம் என்று அவர் கண்டார்.

காக்ராவ்ட், வால்டன் (Cockroft, Walton) என்ற இரு விஞ்ஞானிகளும் ஆல்பா துகள்களுக்கு வேகங்கொடுத்து, அவைகளைப் பாணமாகக் கொண்டு அணுச்சிதைவு ஆராய்ச்சிகள் நடத்தினார்கள். அமெரிக்க விஞ்ஞானி லாரன்ஸ் (Lawrence) என்பவர் ஸைக்ளோட்ரான் (cyclotron) என்ற கருவியை

அமைத்து ஆல்பா துகள்களுக்கு வேகம் கொடுத்து இலேசாக உள்ள மூலகப் பொருட்களைத் தகர்த்து, ஆராய்ச்சி நடத்தி வந்தார். அதே சமயத்தில் ரோமில் ஃபெர்மி (Fermi) என்ற அறிஞர் பளுவான மூலகங்களைத் தகர்ப்பதில் கவனம் செலுத்தினர்.

அணுப்பிளவு (Fission): இவ்வாறு ஆராய்ச்சி நடத்துங்கால், 1939-ம் வருடம் விஞ்ஞான உலகம் ஒரு புது உண்மையைக் கண்டது. ஹான், ஸ்ட்ராஸ்மன் (Hahn, Strassman) என்ற் ஜெர்மானிய விஞ்ஞானிகள், நியூட்ரான் துகள்களைப் பாணமாக உபயோகித்து வெற்றி கண்டார்கள். நியூட்ரானுக்கு மின்னூட்டம் (charge) எதுவும் கிடையாது. எவ்வித மின்சார மண்டலத்திலும் தங்குதடையின்றிச் செல்லும் தன்மை உடையதல்லவா? மடியில் கனமிருந்தால் தானே வழியில் திருடன் பயம்! சாதாரண யுரேனியத்தின் பொருண்மை எண் 238; பொருண்மை எண் 235 உள்ள யுரேனிய ஐசோட்டோப்பும் உண்டு. நியூட்ரானை பொருண்மை எண் 235 உள்ள யுரேனிய அணுவிற்குள் செலுத்தினர்கள், செலுத்தினதுதான் தாமதம், அணுக்கரு சிதைந்து, பிளவுபட்டு இரண்டாகிச் சக்திக் கதிர்களைக் கக்கியது. இந்தப் புரட்சிகரமான சம்பவமே அணுக் குண்டின் அடிப்படையாகும்.

யுரேனிய அணு இரண்டாக வெடிக்கும் போது உண்டாகும் துண்டுகளை ஆராய்ந்து அறிந்தவர் ஃபிரிச் (Frisch) என்ற விஞ்ஞானியாவர். இவ்வாறு வெடிக்கும்போது, வெளியே கக்கப்படும் ஆற்றலின் அளவைக் கணித்த விஞ்ஞானி மெயிட்னர் (Meitner) என்ற பெண்மணி ஆவர்.

அணுச்சிதைவால் ஆற்றல் பிறப்பது எங்ஙனம்? இதைச் சிறிது ஆராய்வோம். சாதாரணமாக விறகு, கரி, எண்ணெய் முதலிய பொருள்களை எரித்து நாம் ஆற்றலைப் பெறுகிறோம். இவ்வாறு எரிப்பதால் ஒரு பொருள் வேறு ஒரு இரசாயனப் பொருளாக மாறுகிறது. இவ்வித மாற்றங்களில் எரிந்தவற்றின் எடையும், எரிந்த பின் உண்டாகும் பொருட்களின் எடையும் சமமாகவே இருக்கும். இதுவே பொருளின் அழிவின்மை விதி (law of conservation of matter) ஆகும். ஒரு

பொருளில் அடங்கியுள்ள அதன் மொத்தப்பொருள் அதன் பொருண்மை (mass) எனப்படும். எனவே இவ்விதியைப் பொருண்மை அழிவின்மை விதி என்றும் சொல்வதுண்டு. இக்கொள்கைப்படி ஒரு பொருள் வேறு பொருட்களாக மாறும் பொழுது பொருள் அழிவதில்லை. இந்த அடிப்படைத் தத்துவம் நியூட்டன் காலத்திலிருந்தே விஞ்ஞான உலகில் நம்பப்பட்டு வந்தது.

பாய்ந்துவரும் துப்பாக்கிக் குண்டிற்கு ஆற்றல் உண்டென்று நாம் அறிவோம். துப்பாக்கிக் குண்டைப் போன்றே இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் எப்பொருளுக்கும் ஆற்றல் உண்டு. இதை இயக்க ஆற்றல் என்கிறோம். இதைப் போன்ற வேறு ஆற்றல் வகைகளும் உள. நீராவி ஆற்றலே நீராவி எஞ்சினை இயக்குகிறது. ஒரு மோட்டார் எஞ்சினில் பெட்ரோல் ஆவி தீப்பிடித்து வெடித்து ஆற்றலை வெளியாக்குகிறது. ஆகவே வெப்பம் ஆற்றலின் வேறொரு வகைத் தோற்றமாகும். இதைப் போன்று மின்சாரம், ஒலி, ஒளி இவையாவும் ஆற்றல் வகைகளே. ஒரு வகை ஆற்றல் வேறுவகை ஆற்றல்களாக மாறுவதைச் சாதாரணமாகக் காண்கிறோம். மின்சார விளக்கு எரியும்போது மின்சார ஆற்றல் வெப்பம், ஒளி என்ற ஆற்றல் வகைகளாக மாறுகின்றது. நீராவி எஞ்சினில் நீராவியின் வெப்ப ஆற்றல் சக்கரங்களைச் சுழற்றும் இயக்க ஆற்றலாக மாறுகிறது. இருட்டில் இரண்டு சக்கி முக்கிக் கற்களை ஒன்றோடொன்று அடித்தால் வெப்பம், ஒளி, ஒலி என்ற பல வகை ஆற்றல்கள் தோன்றுகின்றன. இதைப்போன்று ஒரு வகை ஆற்றல் வேறு ஆற்றல் வகைகளாக மாறும்பொழுது ஆற்றலின் அளவு மாறுமலே இருக்கின்றது. இதுவே ஆற்றலின் அழிவின்மை விதியாகும்.

இவ்வாறுகப் பொருள்வேறு, ஆற்றல் வேறு என்றும், பொருள் ஆற்றலாக மாற முடியாது என்றும் வெகு காலமாகக் கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (Albert Einstein) என்ற பிரபல அறிஞர் சார்புக் கொள்கையின் (relativity) அடிப்படையில் பொருள், ஆற்றல் இவை இரண்டிற்கும் உள்ள தொடர்பை எடுத்துக் காட்டினர். அவர்

"ஆற்றல் பொதிந்ததே பொருள் ; பொருள் நசிப்பினால் வெளி யாவதே ஆற்றல். பொருளை ஆற்றலாக மாற்றலாம் ; ஆற்ற லைப் பொருளாகத் தோற்றுவிக்கலாம்" என்று கூறினார். இதுவே ஐன்ஸ்டீன் என்பவரது ப்ரட்சிகரமான கொள்கை யாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள பொருள் அழிவ தால் உண்டாகும் ஆற்றலின் அளவை அவர் திட்ட வட்ட மாகக் காட்டியுள்ளார். அழிந்த பொருளுக்கும், அதனால் வெளிப்படும் சக்திக்கும் உள்ள தொடர்பு பின் வருமாறு :

$$W = mc^2$$

இதில் m என்பது பொருளின் பொருண்மை, c என்பது ஒளி யின் வேகம், W என்பது வெளியாகும் சக்தியின் அளவு. ஆகவே, m பொருண்மையுள்ள பொருள் முழுவதும் நசிவுற்றால் W அளவுள்ள சக்தி வெளியாகிறது எனத்தெரிகிறது.

பொருள் நசிப்பால் உண்டாகும் சக்தியின் அளவு : ஒரு கிராம் பொருள் நசித்தால் கிடைக்கும் சக்தியைக் கணக்கிட்டுப் பார்ப்போம். ஒளியின் வேகம் வினாடிக்கு 1,86,000 மைல் அல்லது 3×10^{10} செ. மீ. என்பது தெரிந்ததே. ஆக வெளி யாகும் சக்தியின் அளவு :

$$W = 1 \times 3 \times 10^{10} \times 3 \times 10^{10} = 9 \times 10^{20} \text{ எர்க்கள் (ergs)}$$

$$= \frac{9 \times 10^{20}}{4 \cdot 2 \times 10^{7}} = 2 \cdot 14 \times 10^{13} \text{ கலோரிகள் (calories)}$$

$$= 25{,}000{,}000 \text{ கிலோவாட் மணி (kilo-watt hour)}$$

ஒருகிராம் பொருள் நசிப்பதால் கிடைக்கும் இந்தச் சக்தி மாபெரும் சக்தியாகும். இந்தச் சக்தியைக் கொண்டு 1000 வாட் மின்சார விளக்கு எவ்வளவு நேரம் எரியும் தெரியுமா ? சுமார் 3000 ஆண்டுகள் தொடர்ந்து எரிந்து கொண்டே இருக்கும் ! அடேயப்பா ! என்று சொல்லத் தோன்றுகிற தல்லவா ? ஆம். இந்தச் சக்தியைக் கொண்டு, ஒரு பெரிய யுத்தக் கப்பலை உலகத்தையே சுற்றி வரும்படி ஓட்டமுடியும் என்றால், ஒரு கிராமில் எவ்வளவு அரக்க சக்தி அடங்கியிருக்கிறது பாருங் கள் ! இவ்வளவு சக்தி சிறிதளவு பொருளில் அடங்கி ஒடுங்கி யிருக்கிற தென்று கனவிலும் நினைத்திருக்க முடியுமா ?

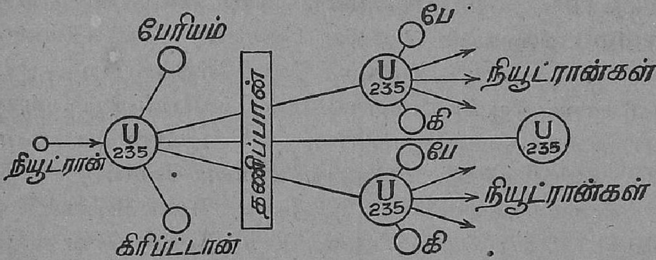
யுரேனிய அணுச் சிதைவைச் சற்று ஆராய்ந்து பார்ப்போம். யுரேனிய அணு நியூட்ரானல் தகர்க்கப்பட்டபோது இரண்டு துண்டுகளாக உடைந்தது. அவற்றில் ஒன்று பேரியத்தின் (barium) அணு; மற்றொன்று கிரிப்டானின் (krypton) அணு.

யுரேனியம் + நியூட்ரான் ——> பேரியம் + கிரிப்டான் + 3 நியூட்ரான்கள் + சக்தி !

யுரேனியத்தின் அணுவெண் 92; பேரியத்தின் அணுவெண் 56; கிரிப்டானின் அணுவெண் 36. ஆக வெடித்தபின் உண்டான இரு மூலகங்களின் மொத்த அணுவெண் 92 ஆகவே இருக்கிறது. ஆனல் வெடிப்பதற்கு முன்னுள்ள தாய்ப்பொருளின் எடைக்கும், வெடித்தபின் உண்டான பொருட்களின் எடைக்கும் வித்தியாசம் இருக்கிறது. அணுச் சிதைவினல் உண்டான பொருட்களின் மொத்த எடை தாய்ப் பொருளான யுரேனியத்தின் எடைக்குச் சற்றுக் குறைவாக இருந்தது. இக்குறைவிற்குக் காரணம் என்ன? இந்த எடைக் குறைவிற்குக் காரணமான பொருளின் கதி என்ன? மறைந்த இந்தப் பொருள்தான் சக்திக் கதிர்களாகப் பரிணமித்துவிட்டது! யுரேனியம் இரண்டாக உடைந்து பொருள் நஷ்டம் ஏற்பட்டுச் சக்தியைக் கக்குகிறது. இதுதான் அணுச்சக்தி.

தொடர் இயக்கம் (Chain reaction): யுரேனியத்தில் ஒரே ஓர் அணு மட்டும் சிதைவுற்றல் பிரமாதமான சக்தி வெளியாவதில்லை. ஆனல், அதிலுள்ள கோடிக்கணக்கான அணுக்கள் யாவும் நொடிப்பொழுதில் சிதைவுற்றல், அணுச் சக்தி பேரளவில் வெளிப்படும். இவ்வாறு நிகழ்வதற்கு அனுகூலமாக அமைந்துள்ளதைப் பாருங்கள். ஓர் அணு சிதையும்போது, மூன்று நியூட்ரான்கள் வேகமாக வெளிவருகின்றன. வெளிவரும் நியூட்ரான்கள் ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு யுரேனிய அணுக்களைத் தாக்கிச் சிதைவுபடுத்தி, மும்மூன்று நியூட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. இவ்வாருக, மறுபடியும் வெளிவிடப்பட்ட நியூட்ரான்கள், சிதைவுகளை உண்டாக்கிக்கொண்டே இருக்கும். இதுபோன்று சங்கிலிபோல் தொடர்ச்சியாகச் சிதைவுகள் ஏற்படுவதற்குத் தொடர்

இயக்கம் என்று பெயர். ஒரு நியூட்ரானின் தாக்குதலால் மூன்று நியூட்ரான்கள் வெளிவருகின்றன (படம் 84.) அம்மூன்று நியூட்ரான்களும் வேறு மூன்று அணுக்களைச் சிதைப்பதால்



படம் 84. தொடர் இயக்கம்

9 நியூட்ரான்கள் கிடைக்கின்றன. அந்த ஒன்பதின் தாக்குதல்களால் ஏற்படும் மூன்ருவது சிதைவுகளில் 27 நியூட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவ்விதமாக 80 படிகளில் குறிதவருமலே சிதைவு ஏற்பட்டால், எவ்வளவு நியூட்ரான்கள் கிடைக்கும் தெரியுமா? 10^{24} நியூட்ரான்கள் கிடைக்கும். இந்த எண்ணிக்கையின் அளவை நாம் எளிதில் யூகித்து அறியமுடியாது. இதை ஒரு உதாரணத்தால் விளக்கலாம். விநாடி ஒன்றுக்கு 100 விதம் எண்ணிக்கொண்டே போனல், இந்த எண்ணை எண்ணுவதற்கு எவ்வளவு காலம் பிடிக்கும் என்று நினைக்கிறீர்கள்? நீங்கள் நம்பக்கூட மாட்டீர்கள், மூன்று கோடிக் கோடி ஆண்டுகள் பிடிக்கும். இவை யாவும் நொடிப்பொழுதில் நடைபெறும் ஒரு அதிசய நிகழ்ச்சி. பட்டாசுக் கட்டு ஒன்றில் ஒரு திரியை மட்டும் கொளுத்திவிட்டால் போதும். ஒன்று வெடிப்பதனல் மற்ருென்று, பின்னர் வேருென்ருக எல்லாம் படபடவென்று வெடித்துத் தீர்ந்துவிடுகின்றன. இதேபோல் ஒரு நியூட்ரான் சிதைக்க ஆரம்பித்தால் அது யுரேனிய அணுக்கருவை மோதி மற்ற நியூட்ரான்களை வெளிப்படுத்தி, அதனல் மேலும் மேலும் சிதைவு ஏற்படுத்துவது, கண்மூடிக் கண் திறப்பதற்குள் ஏற்படும் அதிசயமல்லவா!

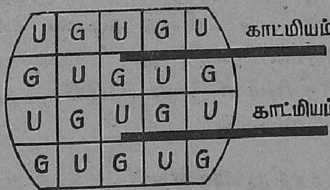
வரம்புப் பொருண்மை (critical mass): இத்தொடரியக்கம் நின்றுவிடாமல் நடந்து கொண்டேயிருக்க வேண்டு

மானல் வேகமாக வெளிவரும் நியூட்ரான்களின் வேகத்தைக் குறைப்பதற்கான வசதி இருக்கவேண்டும். ஏனெனில், வேகங் குறைந்த நியூட்ரான்களே யுரேனிய (U 235) அணுச் சிதை விற்குச் சிறந்தவை. இஃதன்றி நியூட்ரான் மோதுவதற்கு யுரேனிய அணுக்கள் போதிய அளவில் இருக்கவேண்டும். இல்லாவிடில் நியூட்ரான்கள் வெளியேறிப் பறந்துவிடும், வெளியேறும் நியூட்ரான்கள் பயனின்றிப் போய்விடும். ஆகவே, தொடரியக்கம் நடைபெறுவதற்கு ஒரு திட்டமான பொருண்மை யுள்ள யுரேனியத்தை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இதை விடக் குறைந்த அளவாக இருந்தால் தொடரியக்கம் நடை பெருது. தொடரியக்கம் நடைபெற அவசியமான இந்தக் குறைந்த அளவுப் பொருண்மையை வரம்புப் பொருண்மை என்று சொல்லலாம். தொடரியக்கம் தடையின்றி நடைபெற யுரேனியக் கட்டியின் பொருண்மை இந்த வரம்புப் பொருண் மைக்குக் குறையாமல் இருக்கவேண்டும்.

ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள யுரேனியம் முழுவதும் சிதை வுற்ருல் அதிலேற்படும் எடைக் குறைவு 1 கிராம் ஆகும். இந்த 1 கிராம் எடையுள்ள பொருள் நசிவுற்றுச் சக்திக் கதிர்களை வெளிவிடுகிறது. வெளியாகும் ஆற்றலின் அளவு $2\frac{1}{2}$ கோடி கிலோவாட் மணிகளுக்குக் சமம் என முன்னரே கண்டோம். ஆகவே ஒரு கிலோ கிராம் யுரேனியம் முழுவதை யும் தொடரியக்கத்தால் சிதைத்தால் ஒரு கிராம் யுரேனியம் அழிந்து $2\frac{1}{2}$ கோடி கிலோ வாட் மணி அளவுள்ள சக்தியைப் பெறலாம். இதன் வெப்பநிலை ஒரு கோடி டிகிரிக்கு உயர்ந்து விடுகிறது!

அணு அடுக்கு: (atomic pile) அணுச் சிதைவை எவ் வாறு நடை முறையில் ஏற்படுத்திச் சக்தியைப் பெறுகிருர்கள் என்று பார்ப்போம். அணுச் சிதைவு மெதுவாக நீண்ட நேரம் நடைபெற்ருல் அதனல் கிடைக்கும் ஆற்றல் நமக்குத் தேவை யான ஆக்கத் தொழிலுக்கும், நற்காரியங்களுக்கும் பயன்படும். வேகமாக மிகக்குறுகிய காலத்தில் அணுச் சிதைவு நடந்தால், அது நாசவேலைக்கும், அழிவுக்கும் தான் உபயோகப்படும்.

அணுச் சிதைவில் விடுவிக்கப்படும் நியூட்ரான்கள் மிகுந்த வேகத்தில் வெளி வருவதால் அவைகளின் வேகத்தை வெகுவாகத் தணிக்க வேண்டியது அவசியமென்று முன்னரே பார்த்தோம். இதற்குரிய தணிப்பான் ('moderator), கிராஃபைட் என்ற கரிப்பொருளாகும். இதனூடே நியூட்ரான்கள் பாய்ந்து செல்லும்போது அவைகளின் வேகம் தணிக்கப்படும். பெரும் கிராஃபைட் கட்டிகளைச் செங்கல்கள் மாதிரி அடுக்கிவைத்து, இடையிடையே இயற்கை யுரேனியக் கட்டிகளை வைப்பார்கள் [படம். 85]. இக்கட்டிகளில் பொருண்மை எண் 238 உள்ள யுரேனியம் தான் பெரும்பாலும் உள்ளது. இது அணுச் சிதைவுக்கு ஏற்றதன்று. வேகம் குறைந்த நியூட்ரான்கள் இதைச்சிதைப்பதில்லை. இதிலிருந்து சக்தி வெளிவருவதும் இல்லை. சாதாரண யுரேனியக் கட்டியில் அணுச் சிதைவுக்கு ஏற்றதான பொருண்மை எண் 235 உள்ள யுரேனியம் 0·7 சதவீதம்தான் அடங்கியுள்ளது. இதன் சிதைவாலேயே சக்தி வெளிப்படுகிறது. இந்தச் சிறிதளவு யுரேனியம் (235) சிதைவுறுவதால் சிறிதளவு சக்தியே வெளிப்படுகிறது. அதிகச் சக்தியை வெளிப்படுத்தச் செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட யுரேனியம் (235), அடுக்கினுள் சேர்த்து வைக்கப்படுகிறது. இவ்வடுக்கினூடே அமைக்கப்பட்ட ஐந்தாறு துளைகளின் வழியாகத் துளைக்கொன்றாகக் காட்மியத் தடிகள் செருகி வைக்கப்படும். காட்மியம் நியூட்ரான்களைக் கிரகிக்கும் தன்மை வாய்ந்தது. காட்மியத் தகடுகளை வேண்டியவாறு வெளியே இழுக்கவும், உள்ளே தள்ளவும் முடியும்.



படம் 85. அணு அடுக்கு

இந்த அடுக்கை இயக்குவதற்கு வேறொன்றும் தேவையில்லை. அது தானாகவே இயங்கும். அணுச் சிதைவுக்குத் தேவையான நியூட்ரான் இயல்பாகவே இதற்குள்ளே இருக்கும். சில அடுக்குகளில் அடியிலிருந்து நியூட்ரான்கள் உட் செலுத்தப்படும். பெரிலியம் என்ற பொருள் சிறிதளவு

*

கதிரியக்கப் பொருளான ரேடியத்துடன் கலந்து அடுக்கின் கீழே வைக்கப்பட்டிருக்கும். ரேடியத்திலிருந்து தானே வெளி வரும் ஆல்பாத்துகள்கள் பெரிலிய அணுக்களைத் தாக்கி நியூட் ரான்களை வெளித்தள்ளுகின்றன. இதுவே நியூட்ரானின் பிறப்பிடம் (source) ஆகும்.

அடுக்கு இயங்க வேண்டாத போது காட்மியத்தடிகளை நன்ருக உள்ளே செருகி விடவேண்டும். நியூட்ரான்களைக் காட்மியம் தன்னுள் கிரகித்துக் கொண்டு அணுச் சிதைவை நிறுத்திவிடுகிறது. அணுச் சிதைவு தொடங்குவதற்குக் காட் மியத்தடிகளை ஒன்று நீங்கலாக மற்றவைகளை வெளியே இழுத்து விடவேண்டும். கடைசித்தடியையும் மெதுவாக வெளியே உருவிஞல் நியூட்ரான்கள் அணுச் சிதைவில் தீவிரமாக ஈடு படும். காட்மியத் தடியை வேண்டிய அளவு உட்செலுத்தி நிதானமாக அணுச் சிதைவு நடைபெறுமாறு செய்யலாம். இம் மாதிரியான அமைப்பிலிருந்து சக்தி ஒரே அளவில் சீராக வெளிப்படும்.

நியூட்ரான்கள் அடுக்கைத் தாண்டி வெளிச் செல்லாத படியும், வெளியிலுள்ளவர்களுக்குத் தீங்கு விளைவிக்காதபடியும் கிராஃபைட் பாளங்களும், கான்கிரீட் (concrete) சுவர்களும் அடுக்கைச் சுற்றி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தப் பாளங்கள் நியூட்ரான்களை எதிராகத் திருப்பி விடுகின்றன. அவ்வாறு திரும்பிய நியூட்ரான்கள் மேலும் சிதைவுத் தொழிலில் ஈடுபடு கின்றன. சாதாரணமாக ஒரு அடுக்கில் 5 அல்லது 6 டன் யுரேனியமும் 100 டன் கிராஃபைட்டும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் குறுக்களவு 6 அல்லது 7 அடி இருக்கும்.

பம்பாய்க்கு அருகிலுள்ள டிராம்பேயில் இந்திய அரசாங் கத்தார் ஒரு அணு அடுக்கை நிறுவியுள்ளார்கள். இதில் கிரா ஃபைட்டுக்குப் பதிலாக நீரைத் தணிப்பாஞக உபயோகிக்கிருர் கள். இதிலிருந்து நமக்குப் பல விதங்களில் பயன்படும் கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளைத் தயாரித்துக் கொள்ளலாம்.

அணுச் சக்தியின் பயன்கள் : அணுவிலிருந்து கிடைக்கும் சக்தியைப் பல விதங்களில் பயன் படுத்தலாம்.

(1) மின்சார உற்பத்தி : அணுச் சிதைவினல் வெளியாகும் வெப்பத்தைக் கொண்டு நீரை ஆவியாக்கிப் பல வழிகளில் பயன்படுத்துகிறுர்கள். நீராவியின் சக்தியைக்கொண்டு இயந்திரங்களை இயக்கி, மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்து, மின்சார வசதியில்லாத இடங்களில் பயன் படுத்தலாம்.

(2) கப்பல்களை இயக்கல் : அணுச் சக்தியைக் கொண்டு இயங்கக்கூடிய பெரிய கப்பல்களும் நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. நாட்டிலஸ் (Nautilus) என்ற பெயர் கொண்ட நீர் மூழ்கிக்கப்பலை அமெரிக்க விஞ்ஞானிகள் அமைத்துச் சென்ற பூபெளதிக ஆண்டில் வடதுருவத்திற்கு அனுப்பிச் சிறந்த ஆராய்ச்சிகள் நடத்திஞர்கள். சமீபத்தில் ரஷ்ய விஞ்ஞானிகள் அணுச் சக்தியால் இயங்கும் லெனின் என்ற மாபெரும் கப்பலை அமைத்துள்ளார்கள். ஆனல் சாதாரண மக்களுக்கு உபயோகமான கார்களையும், ஆகாய விமானங்களையும் இயக்க இவை என்ருவது பயன் படுமா என்று பார்த்தால், என்றுமே முடியாது என்றே தோன்றுகிறது. ஏனெனில் அணு அடுக்கு நூற்றுக்கணக்கான டன் எடையுள்ளது; காரோ, விமானமோ அவ்வளவு பளுவைத் தூக்க முடியாது. ஆகவே கப்பல் போன்ற பெரிய இயந்திரங்களில் தான் அணுச் சக்தியைப் பயன்படுத்த முடியும். பெரிய தொழிற் சாலைகளுக்கும், நகரங்களுக்கும் மின்சாரம் கொடுத்துதவ இவ்வித அணு அடுக்குகள் பயன்படும்.

(3) ஐசோட்டோப்புகளைத் தயாரித்தல் : செயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருள்களை உண்டாக்க அணு அடுக்குப் பயன்படுகின்றது. வேண்டிய மூலகங்களை அணு அடுக்கினுள் வைத்திருந்து எடுத்தால் அவை வேறு மூலகங்களின் கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளாக மாறி விடுகின்றன. அணு அடுக்கு இவ்வாறு கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது.

(4) வைத்தியத் துறையில் : கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் தற்காலத்தில் வைத்தியத் துறையில் வெகுவாகப் பயன்படுகின்றன. கதிரியக்கத் தங்கம் புற்று நோய்களுக்குச் சிறந்த மருந்தாக அமைந்துள்ளது. அமெரிக்காவில் ஒஹியோ

வைத்தியசாலையில் 200 நோயாளிகளுக்குக் கதிரியக்கத் தங்கத்தைக் கொண்டு சிகிச்சை செய்ததில் ஒவ்வொருவரும் பூரண குணமடைந்ததாகச் செய்திகள் வெளியாகியுள்ளன. இதே போல் கதிரியக்கப் பாஸ்பரம், அயோடின், கோபால்ட் போன்றவைகள் பல வகை நோய்களைத் தீர்க்கின்றன.

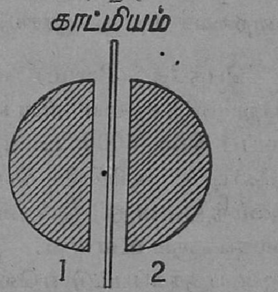
(5) **விவசாயத் துறையில் :** கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகள் விவசாயத்துறையிலும் பயன்படுகின்றன. இவைகளை உபயோகிப்பதால், பார்லி, கோதுமை போன்ற பயிர்களுக்கு ஏற்படும் சில வித நோய்கள் தவிர்க்கப்படுகின்றன. கதிரியக்க ஐசோட்டோப்புகளை உணவுடன் சேர்த்து உண்ணச் செய்தால், உணவு செல்லும் பாதையை விவரித்துக் காட்டுவதோடு, உணவு உடலின் எந்தெந்தப் பகுதிகளில் எவ்வாறு ஜீரணிக்கப்படுகிறது என்பதையும் கண்டறியலாம்.

(6) **புளூட்டோனியம் தயாரித்தல் :** அடுக்கில் வைக்கப்பட்ட சாதாரண (238) யுரேனியம் நியூட்ரான் தாக்குதலால் சிதைவுருமல் அந்த நியூட்ரான்களைத் தன்னுள் கிரகித்துக் கொண்டு புளூட்டோனியம் (அணுவெண் 94) ஆக மாறி விடுகிறது. இவ்வாறு நியூட்ரான் அணுக் கருவோடு இணைந்து அதன் எடையை அதிகரிப்பதால் ஒரு மூலகம் வேருெரு மூலகமாக மாறிவிடுகிறது. இந்தப் புளூட்டோனியம், யுரேனியம் 235-ஐப் போன்று அணுச்சிதைவுக்கு ஏற்றது. அதனுல் இதைப் பத்திரமாக வெளியே எடுத்து அணுக்குண்டு செய்வதற்காகச் சேமித்து வைக்கிருர்கள்.

அணுக்குண்டு (atom bomb) : அணுக்குண்டு வெடித்தால் உண்டாகும் கோரமான நாச வேலையைப்பற்றி நாம் அறிவோம். கடந்த உலக மகாயுத்தத்தில் வெற்றியுடன் முன்னேறிக் கொண்டிருந்த ஜப்பானியரை ஓரிரண்டு அணுக்குண்டுகள் உடனே அடிபணியச் செய்து விட்டன அல்லவா? அந்த அணுக்குண்டுகளில் அழிந்தவர் இலட்சக் கணக்கானவர் ஆவர். எஞ்சியவர் வருடங்கள் 14 ஆகியும் அதன் இன்னல்களை இன்னும் அனுபவித்து வருகின்றனர். அணுக்குண்டின் அமைப்பு, வல்லரசுகளால் நன்கு பாதுகாக்கப்பட்டு ரகசியமாயிருந்த

போதிலும் அதன் தத்துவத்தை ஒருவாறு புரிந்து கொள்ள லாம்.

இரண்டு யுரேனியக் கட்டிகள் சற்று விலகிஞற் போல் வைக்கப்பட்டிருக்கும் [படம் 86.] ஒவ்வொரு துண்டும் வரம்பு அளவில் பாதிக்குச் சற்று அதிக மாக இருக்கும். இவை பொருண் மை எண் 235 உள்ள யுரேனியக் கட்டிகள் அல்லது புளூட்டோனி யக் கட்டிகள் ஆக இருக்கவேண் டும். தனித்தனித் துண்டில் தொடரியக்கம் நடை பெற முடி யாது. இவ்விரண்டிற்கும் நடு வில் ஒரு காட்மியத் திரை வைக் கப்பட் டிருக்கிறது. குண்டை வெடிக்கச் செய்யவேண்டுமாஞல் காட்மியத் திரையை விலக்கிவிட்டு நியூட்ரான்கள் உள்ளே செல்லு மாறு செய்கிருர்கள். பிறகு இரு துண்டுகளையும் ஒன்று சேர்ப்பார் கள். இரண்டு துண்டுகளின் மொத்தப் பொருண்மை வரம்பு அளவுக்கு அதிகமாக இருப்பதால் அணுச் சிதைவு ஏற்பட்டுத் தொடரியக்கத்தால் வெடிக்கின்றது. ஏராளமான சக்தி நொடிப்பொழுதில் வெளிவருகிறது. வெப்பநிலை ஒருகோடி°c அளவாக உயர்ந்து அபார அமுக்கத்தை உண்டு பண்ணி எத்தகைய கெட்டிக் கட்டிடமும் தாங்க முடியாத அதிர்ச்சியை உண்டாக்கி நாட்டையே நாசமாக்கி விடும். இத்தகைய அணுக்குண்டுகள் மனிதனின் நாகரிகத்தையே குலைத்து மனித வர்க்கத்தையே அழித்து விடும். இதைவிடப் பன் மடங்கு சக்திவாய்ந்த ஹைட்ரஜன் குண்டுகளை இப்போது தயாரித்து வருகின்றனர்.



படம்: 86 அணுக்குண்டின் அமைப்பு 1,2—யுரேனியத் துண்டுகள்., 3—காட்மியத் திரை

ஹைட்ரஜன் குண்டு (hydrogen bomb): இது அணுக் குண்டை விடப் பன் மடங்கு கொடியது. அணுக்குண்டில் யுரேனிய அணு பிளவு படுவதால் சக்தி வெளியாகிறது.

ஹைட்ரஜன் குண்டில் அணுக்கள் ஒன்ருக இணைவதால் சக்தி பிறக்கின்றது. சூரியனும், மற்றெல்லா விண்மீன்களும் இவ்வித முறையில்தான் சக்தியைப் பெற்று அதை ஒளியாகவும் வெப்பமாகவும் வெளியாக்கிக் கொண்டேயிருக்கின்றன. சூரியன் சக்தியை வெளிவிடும் முறையில்தான் ஹைட்ரஜன் குண்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே சூரியன் ஆற்றல் பெறும் முறையைச் சிறிது ஆராய்வோம்.

பெத்தே (Bethe) என்ற விஞ்ஞானி சூரியன் ஆற்றல் பெறும் விந்தையை விளக்குகிருர். சூரியனின் மேற் பரப்பின் வெப்ப நிலை 6000 °c; அதன் மத்தியிலுள்ள வெப்பநிலையோ 2 கோடி °c. சூரியனில் பெருத்த அளவில் ஹைட்ரஜன் வாயு அமைந்துள்ளது. இஃதன்றிக் கரி, நைட்ரஜன் போன்ற இதர மூலகங்களும் உள்ளன. இக்கொடிய வெப்ப நிலையில் ஹைட்ரஜன் பகுக்கப்பட்டு எலெக்ட்ரான் வேருகவும், புரோட்டான் வேருகவும், தனித்தனியே ஓடிக் கொண்டிருக்கின்றன. இது போலவே கரி அணுக்களும் சிதை வுற்றுக் கரு வேருகவும், எலெக்ட்ரான்கள் வேருகவும் பகுக்கப்படுகின்றன. கரியின் அணுக்கரு அதன்மீது வந்து தாக்கும் நான்கு புரோட்டான்களை ஒவ்வொன்ருகக் கிரகித்து அவைகளை ஒரு ஹீலிய அணுவாக மாற்றி விடுகிறது. கரியின் அணுக்கரு எவ்வித மாறுதலுக்கும் உட்படாமல் செயல் ஊக்கியாக (catalyst) வேலை செய்கிறது.

$$4 \text{ புரோட்டான்கள்} \longrightarrow 1 \text{ ஹீலியம்} + \text{சக்தி !}$$
$$4 \times 1{\cdot}008 \longrightarrow 4{\cdot}003 + \text{சக்தி !}$$

புரோட்டான் என்பது ஹைட்ரஜன் அணுக்கரு என்பது ஞாபகமிருக்கும். ஆகவே 4 ஹைட்ரஜன் அணுக்கருக்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஒரு ஹீலிய அணுவாக மாறுவதே இந்நிகழ்ச்சி. 4 ஹைட்ரஜன் அணுக்கருக்களின் எடை $= 4 \times 1{\cdot}008 = 4{\cdot}032$; ஆனல் 1 ஹீலிய அணுக் கருவின் எடை $= 4{\cdot}003$. ஆகவே இவ்வித நிகழ்ச்சியில் 4·032 கிராம் எடையுள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஒன்று சேர்வதால் 4·003 கிராம் எடையுள்ள ஹீலிய அணுக்கள் உண்டாகின்றன என்று ஆகிறதல்லவா? மீதியுள்ள 0·029 கிராம் பொருள்தான் சக்தியாகப் பரிணமிக்கிறது.

இதேமுறையில் ஓயாது ஒழியாது ஹைட்ரஜன் அணுக்கருக்கள் ஹீலிய அணுக்களாக மாறிக்கொண்டே யிருக்கின்றன. சூரியன் வெளிவிடும் சக்திக் கதிர்களைக் கணக்கிட்டு விநாடிதோறும் எவ்வளவு எடையுள்ள ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாறுகிறது என்று கணித்துள்ளார்கள். ஒவ்வொரு விநாடியும் 57 கோடி டன் ஹைட்ரஜன் ஒன்றுபட்டு 56 கோடியே 60 லக்ஷம் டன் ஹீலியமாக மாறுகின்றது. மறைந்த 40 லக்ஷம் டன் பொருள் நசித்து சக்தியாக மாறுகின்றது. இவ்வாருக சூரியன் விநாடி தோறும் 40 லக்ஷம் டன் பொருளை அழித்து ஆற்றலைப் பெற்று நாலா பக்கங்களிலும் ஆற்றலை ஒளியாகவும் வெப்பமாகவும் அள்ளி வீசிக்கொண்டே யிருக்கிறது. இதனுல் சூரியனின் எடை ஒவ்வொரு விநாடியும் 40 லக்ஷம் டன் குறைந்து கொண்டே போகிறது.

சூரியன் தன் எடையை நசித்து ஒளி வீசும் விந்தையைப் பார்த்து அது தனது பொருளையே தத்தம் செய்துவிட்டு, ஒளியற்று, வெப்பமற்று அந்தியகாலத்தை அடைந்துவிட்டால் பூமியிலுள்ள உயிர்வகைகளின் கதி என்னுவதென்று அஞ்சவேண்டியதில்லை. ஏனெனில் இன்னும் ஆயிரம் கோடி வருடங்களுக்கு இதே முறையில் ஒளி வீசுவதற்கு வேண்டிய ஹைட்ரஜன் வாயுக்கள் சூரியனில் உண்டென்று விஞ்ஞானிகள் நமக்குத் தைரிய மூட்டுகிருர்கள்.

ஹைட்ரஜன் அணுக் கருக்கள் ஒன்ருக இணைந்து ஹீலிய அணுக் கருவாக மாறுவதற்குக் குறைந்தது 1 கோடி°c வெப்ப நிலை தேவை. இந்த வெப்ப நிலை அணுக்குண்டு வெடிப்பதனுல் உண்டாகிறதென்பது உங்களுக்கு நினைவிருக்கும். ஹைட்ரஜன் குண்டில் ஹைட்ரஜன் வாயு அடைத்து வைக்கப் பட்டிருக்கிறது. முதலில் உள்ளே வைக்கப்பட்டிருக்கும் அணுக் குண்டை வெடிக்கச் செய்கிருர்கள். அந்த வெப்ப நிலையில் ஹைட்ரஜன் அணுக் கருக்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஹீலிய அணுக் கருக்களாக மாறிச் சக்தியை வெளிவிடுகின்றன. ஒரு கிராம் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஒன்று சேரும்போது சுமார் 200,000 கிலோவாட் மணி ஆற்றல் வெளியாகின்றது. அணுக்குண்டின் ஆற்றலைவிட இது பன்மடங்கு அதிகமானது. அணுக்குண்டு

ஒரு திட்டமான பருமன் உடையதாகத்தான் இருக்கும். ஆனால் ஹைட்ரஜன் குண்டை எந்தப் பருமனிலும் அமைக்கலாம். பருமன் அதிகரிப்பதால் நாச சக்தியும் அதிகமாகும். ஆதலால் அணுக்குண்டைவிட ஹைட்ரஜன் குண்டு மிகமிகக் கொடியது. இந்த அரக்க சாதனங்களை இனிச் செய்வதில்லை என்றும் உபயோகிப்பதில்லை என்றும் வல்லரசுகள் உறுதிகொண்டாலொழிய உலகம் உய்ய வழியில்லை.

அரும்பத அகரவரிசை

அரும்பத அகரவரிசை

I ஆங்கிலம்—தமிழ்

Absolute zero - தனிச் சுழி
Absorption - உட்கவர்தல்
Absorption power - உட்கவர் திறன்
Acceleration - முடுக்கம்
Accumulator - மின்சேமக்கலம்
Acid - அமிலம்
Action - தாக்கு
Additive process - சேர்க்கை முறை
Adhesiveness - ஒட்டுந்தன்மை
Aerial - ஏரியல்
Aeroplane - வானவூர்தி
Air - வளி
Aircraft - வான்கலம்
Air screw - முன் தள்ளி
Air tight - காற்றுப்புகா
Alchemist - இரச வாதி
Alcohol - ஆல்க்கஹால், சாராயம்
Alloys - உலோகக் கலவை
Alpha particle - ஆல்பா துகள்
Alternating current - மாறு மின் னோட்டம்
Ammeter - அம்மீட்டர்
Ampere - ஆம்பியர்
Amplifier - பெருக்கி
Amplitude - வீச்சு
Anemometer - காற்று வேகமானி
Angle - கோணம்
Angstrom unit-ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு
Anode - நேர் மின்முனை, நேர் மின்வாய்
Anticlock wise - இடஞ்சுழியாக
Aperture - துளை
Apparent - தோற்ற அளவில்
Approximate - ஏறக் குறைய
Arc - வட்டப் பகுதி
Arc lamp - ஆர்க் விளக்கு
Armature - சுழல் சுருள்
Artificial Radio activity - செயற்கைக் கதிரியக்கம்
Artificial Satellite - செயற்கைத் திங்கள்
Asbestos - கல் நார்
Astronomy - வானியல்
Astro-physics - வானியல் பௌதிகம்
Atmosphere - காற்று மண்டலம்
Atmospheric Pressure - காற்ற-முக்கம்
Atom - அணு
Atom smasher - அணு நொறுக்கி
Atomic combustion - அணு எரிப்பு
Atomic number - அணு வெண்
Atomic state - அணு நிலை
Atomic theory - அணுக் கொள்கை
Atomic weight - அணு எடை
Auxiliary - துணை
Average - சராசரி
Back E. M. F. - எதிர் மின் இயக்கு விசை
Bacteria - பாக்டீரியா
Balance - சமநிலை, தராசு
Band spectrum - பட்டை நிறமாலை
Bar magnet - காந்தக் கட்டை
Basic principles - அடிப்படை விதிகள்
Battery - மின்கல அடுக்கு
Beaker - முகவை
Beam - விட்டம்
Beam of light - ஒளிக் கற்றை
Beats - விம்மல்
Bellows - துருத்தி
Beta particle - பீட்டாத்துகள்
Binocular - பைனகுலர்
Biology - உயிர் நூல்
Bioscope - பயாஸ் கோப்
Bi-product - உடனுற்பத்திப் பொருள்
Blurred - மங்கலான
Boiler - கொதி கலன்
Boiling point - கொதி நிலை
Bombard - தாக்கு
Brake - தடுப்பான்
Broadcasting - பரப்புதல்

Brownian movement - பரௌனின் இயக்கம்
Bubble - குமிழி
Burette - பியூரெட்டு
Buoyancy - மிதப்பு
Buoy - மிதவை
Cadmium - காட்மியம்
Camera - ஒளிப்படக் கருவி
Cancer - புற்று நோய்
Candle - மெழுகுவத்தி
Candle power - வத்தித்திறன்
Capacitor - மின்னேற்பி
Capacity - கொள்ளளவு
Capillary - நுண் குழாய்
Carbon - கார்பன், கரி
Carrier waves - ஊர்தி அலைகள்
Casting - வார்ப்பு
Catalyst - கிரியா ஊக்கி
Categories - வகைகள்
Cathode - எதிர் மின்வாய்
Cathode ray tube; Cathode ray oscillograph - எதிர் முனைக் கதிர்க்குழாய்
Cell - மின்கலம்
Celluloid - செலுலாய்டு
Centre of gravity - ஈர்ப்பு மையம்
Cntrifugal force - அகற்சி விசை
Centripetal - மையம் நாடு
Chain reaction - தொடரியக்கம்
Charge - மின்னூட்டம்
Chart - அட்டவணை
Chemical effect - ரசாயன விளைவு
,, solution - ரசாயனக் கரைசல்
Choke - அடைப்பி
Chromatic aberration - நிறப் பிறழ்ச்சி
Chromosphere - வண்ணக் கவசம்
Cine-Camera - திரைப்பட ஒளிப் படக்கருவி
Cinematograph - திரைப் படக் கருவி
Cinematography - திரைப்படக் காட்சி
Circuit - சுற்று
Circumference - சுற்றளவு,
Circumferencial distance - சுற்ற ளவு தூரம்
Clock wise - வலஞ்சுழி
Coaxially - ஓரச்சாக
Code - குறியீடு
Cohesion - அண்மைப் பிணைவு
Coil - சுருள்
Collimator - இணையாக்கி
Collision - மோதல்
Colour photography - வண்ண ஒளிப்படக் கலை
Combustion - எரிதல்
Communication - தொடர்பு
Commutator - மின்திரட்டி, மின்போக்கு மாற்றி
Compass - திசை காட்டி
Component - கூறு
Compound - கூட்டுப் பொருள்
Compound microscope - கூட்டு நுண்ணோக்கி
Compound wound - தொடர் இணைச்சுற்று
Compressed - அழுத்திய, இறுக்கிய
Compressor - இறுக்கி, அழுத்தி
Concave lens - குழி வில்லை
,, mirror - குழி ஆடி
Concentric circle - பொது மைய வட்டம்
Condenser - மின் ஏற்பி, குவிப்பான்
,, capacity of - மின்னேற்பியின் கொள்ளளவு
,, variable - மாற வல்ல மின்னேற்பி
Conduction of heat - வெப்பக் கடத்தல்
Conductor - கடத்தி
Cone - கூம்பு,
Constituent - பகுதிப்பொருள்
Continuous spectra - தொடர் நிறமாலை
Control device - கட்டுப்படுத்தும் சாதனம்
Convection of heat - வெப்ப நகர் முறை
Convergent - குவிந்த
Convex lens - குவி வில்லை
,, mirror - குவி ஆடி
Copies - பிரதிகள், படிகள்
Core - உள்ளகம்
Corpuscles - நுண் துகள்கள்

Cosmic rays - காஸ்மிக் கதிர்கள்
Crank - மாற்றச்சு
Crest - முகடு
Criminology - குற்ற இயல்
Critical size - வரம்பு அளவு
Critical mass - வரம்புப் பொருண்மை
Crude - சுத்தி செய்யப்படாத
Crystal - படிகம்
Curative - குணப்படுத்தும்
Current - மின்னோட்டம்
Curvature - வளைவு
Cycle - சுழற்சி
Cyclotron - சைக்ளோட்ரான்
Cylinder - உருளை, குழல்
Deflection - ஒதுக்கம்
Density - அடர்த்தி
Dew point - பனி நிலை
Deviation - ஒதுக்கம்
Diagram - விளக்கப் படம்
Diameter - குறுக்களவு, விட்டம்
Diaphragm - இடைத் திரை
Diesel engine - டீசல் எஞ்சின்
Diffuse - பரவி விரவு
Dimension - பரிமாணம்
Diode - இரு முனைக் குழாய்
Direct current - நேர் மின்னோட்டம்
,, proportion - நேர் விகிதம்
Discharge lamp - மின்னருவி விளக்கு
Dispersion - நிறப் பிரிகை
Diverge - விரி
Dynamics - இயக்க இயல்
Dynamo - டைனமோ
,, A. C. - மாறுமின் டைனமோ
,, Compound wound - தொடர் இணைச் சுற்று டைனமோ
,, D. C. ,, - நேர் மின்டைனமோ
,, series ,, - தொடர்ச் சுற்று டைனமோ
,, shunt ,, - இணைச் சுற்று டைனமோ
Echo - எதிரொலி
Eclipse - கிரகணம்
Effect - விளைவு
Efficiency - பயனுறு திறன்

Elasticty - மீள் தன்மை
Electric bell - மின்சார மணி
,, field - மின் மண்டலம்
,, motor - மின் மோட்டார்
,, pulses - மின் துடிப்புகள்
,, spark - மின்சாரத் தீப்பொறி
Electrical particle - மின்னுரு
Electricity - மின்சாரம்
Electrify - மின்னூட்டு
Electrode - மின் முனை, மின்வாய்
Electrolysis - மின்னாற் பகுப்பு
Electrolyte - மின்பகு பொருள்
Electro magnet - மின்காந்தம்
Electro magnetic theory - மின் காந்தக் கொள்கை
,, waves - மின்காந்த அலைகள்
Electro motive force - மின்னியக்கு விசை
Electron - எலெக்ட்ரான்
,, microscope - எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
Electro plating - மின்முலாம் பூசுதல்
Element - மூலகம்
Ellipse - நீள் வட்டம்
Emission spectra - உமிழ் நிறமாலை
Energy - ஆற்றல்
Engine - எஞ்சின், எந்திரம், பொறி
Equation - சமன்பாடு
Equilibrium - சமநிலை
Escapement - கவ்வி
Ether - விண்ணி
Expansion - விரிவு
Explosion - வெடித்தல்
Eye lens - கண் வில்லை
Field coil - காந்த மண்டலச் சுருள்
Filament - கம்பி இழை
Film - படலம்
Filter - வடிதகடு
Fission - பிளவு
Fix - நிலை நிறுத்து
Flask - குடுவை
Flint - ஃபிளின்ட் கண்ணாடி
Fluid - பாய் பொருள்
Fluorescence - ஒளிர்தல்
Fluorescent screen - ஒளிர் திரை
Focal length - குவியத் தூரம்
Focus - குவியம்

Force - விசை
Force pump - விசைப் பம்பு
Formula - சூத்திரம்
Freezing point - உறைநிலை
Frequency - அலைவெண்
Friction - உராய்வு
Fuel - எரிபொருள்
Fusion - இளகல், இணை
Fuse wire - உருகுக் கம்பி
Galvanometer - கால்வனு மீட்டர்
Gamma rays - காமாக் கதிர்கள்
Gas - வாயு
Gasoline - கேசொலின்
Graduation - அளவுக் குறி
Graph - வரை படம்
Gravity - ஈர்ப்பு
Grid - கம்பிவலை
Ground glass - தேய்த்த கண்ணுடி
Guided missiles - ஏவுகணைகள்
Horizon - அடிவானம், தொடு வானம்
Horizontal - கிடை மட்டம்
Horse power - குதிரைத் திறன்
Humidity - ஈரப்பதன்
Hydrogen bomb - ஹைட்ரஜன் குண்டு
Hydrometer - திரவமானி
Hygrometer - ஈரமானி
Iconoscope - இக்கனுஸ்கோப்
Illumination-Science of - ஒளியாக்கம்
Image - படிமம்
,, latent - மறைந்த படிமம்
,, negative - எதிர் வகைப் படிமம்
,, positive - நேர்வகைப் படிமம்
,, real - மெய்ப் படிமம்
,, virtual - மாயப் படிமம்
Incandescence - பிரகாசம், மிளிர்தல்
Incident ray - படுகதிர்
Inclination - சாய்வு
Induced current - தூண்டு மின்னேட்டம்
,, magnetism - தூண்டு காந்தம்
Inductance - மின் தூண்டுசுருள்
Induction coil - மின் தூண்டு சுருள் கருவி
Inert gas - மந்த வாயு
Infinite distance - அளவற்ற தொலை
Infinite time - அளவற்ற நேரம்
Infra-red rays - வெளிச் சிவப்புக் கதிர்கள்
Injection - செலுத்தி
Inlet - புகுவாய்
Insulated - காப்பிடப்பட்ட
Insulator - கடத்தாப் பொருள்
Intensity - செறிவு
Internal combustion - உள்ளெரி
Invention - புதுக் கண்டுபிடிப்பு
Ion - அயனி
Isotope - ஐசோடோப்பு
Jet - ஜெட்
Jet plane - ஜெட்-விமானம்
Jet tube - ஜெட் குழாய்
Jupiter - வியாழன்
Kinetic energy - இயக்க ஆற்றல்
Kinetos-cope - கினெட்டோஸ் கோப்
Knob - குமிழ்
Laboratory - சோதனைக் கூடம், ஆய்வுக் கூடம்
Lamp - விளக்கு
,, arc - ஆர்க் விளக்கு
,, dis-charge - மின்னருவி விளக்கு
,, filament - கம்பி இழை விளக்கு
,, fluorescent - ஒளிர் விளக்கு
,, sodium vapour - சோடிய ஆவி விளக்கு
Latent - மறைந்த
Lateral inversion - இட வல மாற்றம்
Law of conservasion of energy - ஆற்றலின் அழிவின்மை விதி
Law of conservation of mass - பொருண்மையின் அழிவின்மை விதி
Law of gravitation - ஈர்ப்பு விதி
Laws of motion - இயக்க விதிகள்
Least distance of distinct vision - தெளிவுப் பார்வையின் குறுகிய தூரம்
Left hand thumb rule - இடது கைப் பெருவிரல் விதி

Lens - வில்லை
Lever - நெம்பு கோல்
Lift - தூக்கி
Like poles - ஒத்த துருவங்கள்
Line spectra - வரி நிறமாலை
Line of force - விசைக் கோடு
Light tight - ஒளி புகா
Light year - ஒளி வருடம்
Liquid - திரவம், நீர்மப்பொருள்
Local oscillator - அக அதிர்ப்பான்
Loud speaker - ஒலி பெருக்கி
Machine - பொறி
Magnet - காந்தக் கட்டை
Magnetic effect - காந்த விளைவு
Magnetic field - காந்த மண்டலம்
Magnetism - காந்தம்
,, permanent - நிலைத்த காந்தம்
,, temporary - தற்காலிகக் காந்தம்
Magnification - உருப் பெருக்கம்
Magnifying power - உருப் பெருக்கு திறன்
Mass - பொருண்மை
,, number - பொருண்மை எண்
Matter - பொருள்
Measurement - அளவு
Mechanical - இயந்திர, பொறித் தொடர்புள்ள
,, energy - பொறி ஆற்றல்
Medium - ஊடகம்
,, waves - நடுத்தர அலைகள்
Melting point - உருகு நிலை
Metal - உலோகம்
,, non - அலோகம்
Microphone - ஒலி வாங்கி
Microscope - நுண்ணோக்கி
Micro-second - மைக்ரோ விநாடி
Microphotography - ஒளிப்பட நுண்ணியல்
Mineral - கனிப் பொருள்
Minute (time) - நிமிடம்
Missile - கணை
Missile-guided - ஏவுகணை
Moderator - தணிப்பான்
Modulated waves - இணங்கிய அலைகள்
Molecule - மூலக்கூறு
Molecular theory - மூலக்கூறுக் கொள்கை
Momentum - ஊற்றம்
Mosaic screen - பொலிவுத் திரை
Motion - இயக்கம்
Motor - மோர்ட்டார்
Negative - எதிரான
,, electric charge - எதிர் மின்னூட்டம்
,, pole - எதிர் முனை
Neon gas - நியான் வாயு
Neutron - நியூட்ரான்
Non-Conductor - கடத்தாப் பொருள்
North pole - வட முனை
Nozzle - குழாயின் நுனி
Nucleus - கரு
,, atomic - அணுக்கரு
Objective - பொருள் வில்லை
Observatory - வானாராய்ச்சி நிலையம்
Ohm - ஓம்
Oil engine - எண்ணெய் எஞ்சின்
Opaque - ஒளி ஊடுருவா
Opening - திறப்பு
Opposite - எதிரிடை
Optical lantern - ஒளியியற் கருவி
Original - அசல்
Parallel - இணையான
Pendulam - ஊசலி
Penetrating power - ஊடுருவும் திறன்
Period of oscillation - அலைவு நேரம்
,, vibration - அசைவு நேரம்
Periodic table - மூலக அட்டவணை
Persistance of vision - பார்வை நீடிப்பு
Phonograph - போனோ கிராஃப்
Phosphorescense - பின்னும் ஒளிர்தல்
Photo electric cell - ஒளி மின்கலம்
,, developing - தெளிவுறுத்தல்
,, fixing - நிலைபெறச் செய்தல்
,, printing - பிரதி எடுத்தல்
Photograph - ஒளிப் படம்
Photographic plate - ஒளிப்படத் தகடு

,, negative - எதிர் வகைத்தகடு
,, positive - நேர் வகைத் தகடு
Photography - ஒளிப்படக் கலை
Photo luminescence - ஒளிப் பொலிவு
Photo micrography - நுண் பொருள் ஒளிப்பட வியல்
Photo synthesis - ஒளிச்சேர்க்கை
Pigments - வண்ணம், நிறப் பொருள்
Pin hole camera - ஊசித்துளைப் பெட்டி
Pilot - விமானி
Piston - பிஸ்டன்
Pitch - சுருதி
Pivot - சுழல் முனை
Plane - தளம்
,, mirror - சமதள ஆடி
Planet - கோள்
Pointer - முள்
Poles - முனைகள்
Polonium - பொலோனியம்
Positive - நேரான
,, charge - நேர் மின்னூட்டம்
Potential difference - மின் அழுத்த வேறுபாடு
Power - திறன்
Power house - மின் உற்பத்தி நிலையம்
Pressure - அமுக்கம்
,, gauge - அமுக்க மானி
Principle - தத்துவம்
Prism - முப்பட்டகம்
Prismatic binocular - முப்பட்டகப் பைனகுலர்
Process - செய் முறை
Projectile - எறி பொருள்
Projector - திரைப்படக் கருவி
Propagation - பரப்புதல்
Propeller - முன்தள்ளி
Protein - புரதம், புரோட்டீன்
Proton - புரோட்டான்
Pulley - கப்பி
Pulse - துடிப்பு
Pyrex glass - பைரக்ஸ் கண்ணாடி
Quality - பண்பு
Radar - ரேடார்
Radial distance - ஆரத்தூரம்
Radiation of heat - வெப்பக் கதிர் வீச்சு
Radio - வானொலி
Radio active isotope - கதிரியக்க ஐசோடோப்பு
Radiograph - எக்ஸ் கதிர் ஒளிப் படம்
Radium - ரேடியம்
Rays - alpha - ஆல் பாக் கதிர்கள்
,, - beta - பீட்டாக் கதிர்கள்
,, - gamma - காமாக் கதிர்கள்
Reaction - எதிர்விசை
Real - மெய்
Received signal - ஏற்கப்பட்ட சைகை
Receiver (radio) - ஏற்பி (வானொலி)
Reception - ஏற்றல்
Rectification - ஒரு முகப்படுத்தல்
Rectifier - ஒருமுக மின் அழிப்பான்
Rectified waves - ஒருமுக அலைகள்
Reflection - திருப்பம்
,, total internal - முழு உள் திருப்பம்
Refracting telescope - விலகல் முறைத் தொலை நோக்கி
Refraction - விலகல்
Refractive index - விலகு எண்
Regulating - ஒழுங்கு படுத்தும்
Relativity - சார்புக் கொள்கை
Reproduce - திரும்பி வெளியிடு
Reproduction - திரும்பி வெளி யிடுதல்
Residue - எச்சம்
Resistance - தடை
Resolving power - பகு ஆற்றல்
Resonance - ஒத்த அதிர்வு
Retardation - எதிர் முடுக்கம்
Retina - விழித்திரை
Revolution - சுற்று
Rheostat - தடை மாற்றி
Right hand thumb rule - வலது கைப் பெருவிரல் விதி
Rim - விளிம்பு
Ripple - சிற்றலை
Rocket - ராக்கெட்
Rotary - சுழலும்
Salt - உப்பு
Sample - மாதிரி

Sand glass - மணல் கடிகாரம்
Satellite - திங்கள்
Scale - அளவு
Scanning - பாகிடல்
,, flood light - ஒளி வெள்ளப் பாகிடல்
,, inter laced - பின்னிப் பாகிடல்
,, spot light - ஒளிப் புள்ளிப் பாகிடல்
Scattering light - சிதறொளி
Screen - திரை
Screw - திருகு
Self luminous - தன்னொளி
,, inductance - தூண்டு திறன்
Series connection - தொடர் இணைப்பு
Shaft - இயந்திரத் தண்டு
Shield - கேடயம்
Short waves - குற்றலைகள்
Silver bromide - வெள்ளி புரோமைடு
Simple microscope - தனி நுண்ணோக்கி
Slide - நழுவும்
Slit - பிளவு
Solar system - சூரிய மண்டலம்
Solar day-mean - சராசரிப் பரிதி நாள்
Solenoid - வரிச் சுருள்
Solid - திடப்பொருள்
Solution - கரைசல்
Sound waves - ஒலி அலைகள்
South pole - தென் முனை
Space travel - வான வெளிப் பயணம்
Spectral lines - நிறமாலை வரிகள்
Spectrum - நிறமாலை
,, absorption - உட்கவர் நிறமாலை
,, band - பட்டை நிறமாலை
,, continuous - தொடர் நிறமாலை
,, line - வரிநிறமாலை
,, pure - தூய நிறமாலை
Spectrometer - நிறமாலை அளவி
Spindle - தண்டு
Spiral spring - சுருள் வில்

Split ring - அரைவளைய
Spots - புள்ளிகள்
Spring - வில்
Stable - நிலையான
Standard - தரமான
Star - விண் மீன்
Starter - தொடக்கி
Starting material - தொடக்கப் பொருள்
Stationary - நிலையான
Steam engine - நீராவி எஞ்சின்
Steel - எஃகு
Stroke - தாக்கு
Submarine - நீர் மூழ்கிக் கப்பல்
Subtractive process - நீக்கல் முறை
Sulphur - கந்தகம்
Sulphuric acid - கந்தக அமிலம்
Sun dial - சூரிய வட்டில்
Super heated - மீ வெப்ப
Superhet receiver - சூப்பர் ஹெட் ஏற்பி
Switch - பொருத்தி
Target - இலக்கு
Technology - பொறி நுட்பத்துறை
Telegraph - தந்தி
Telephone - தொலை பேசி
Telephotography - நெடுந்தொலை ஒளிப்படக் கலை
Telescope - தொலைநோக்கி
,, astronomical - வானியல் தொலைநோக்கி
Telescope reflecting - திருப்பு முறைத் தொலைநோக்கி
,, refracting - விலகல் முறைத் தொலை நோக்கி
,, terrestrial - புவியியல் தொலை நோக்கி
Television - தொலைக்காட்சி
Temperature - வெப்பநிலை
Theoretical - கோட்பாட்டு
Theory of relativity - சார்புக் கொள்கை
Thermometer - வெப்பநிலை மானி
Thorium - தோரியம்
Three dimensional - முப்பரிமாண
Thrust - உந்து விசை, தள்ளுதல்

*

Thyroid cancer - தைராய்டு புற்று நோய்
Tissue - திசு
Toothed wheel - பற் சக்கரம்
Total reflection prism - முழு உட்டிருப்புப் பட்டகம்
Transmission - பரப்புதல்
Transmitter - பரப்பி
Transmutation - உருமாற்றம்
Translucent - ஒளி கசியும் தன்மை
Transparent - ஒளி புகும்
Triode - மும் முனைக் குழாய்
Trough - அகடு
Tumour - கட்டி, கழலை
Tuning circuit - ஒன்றிப்புச் சுற்று
Tungsten - டங்ஸ்டன்
Turbine - விசிறி அமைப்பு
Turbo-jet - டர்போ-ஜெட்
Turmeric paper - மஞ்சள் தாள்
Ultra violet rays - புற ஊதாக் கதிர்கள்
Unit - அலகு
Vacuum - வெற்றிடம்
Valve - கபாடம்
,, safety - தற்காப்புக் கபாடம்
Variable area method - மாறு பரப்பு முறை
,, density - மாறு அடர்த்தி முறை
Velocity - நேர் வேகம்
Vertical - செங்குத்து
Vibration - அசைவு
Virtual - மாய
Vitamin - வைட்டமின்
Voice coil - ஒலிச் சுருள்
Volt - வோல்ட்
Voltaic cell - வோல்ட்டா கலம்
Voltage - மின்னழுத்தம்
Voltmeter - வோல்ட் மீட்டர்
Voltameter - வோல்டா மீட்டர்
Volume - பருமன்
Water clock - நீர்க் கடிகாரம்
Water pump - நீர்ப்பம்பு
Watt - வாட்
Wave - அலை
,, length - அலை நீளம்
,, long - நெட்டலை
,, medium - நடுத்தர அலை
,, short - குற்றலை
,, theory - அலையியக்கக் கொள்கை
Wireless wave - வானொலி அலை
X-axis - எக்ஸ் அச்சு
X-ray - எக்ஸ் கதிர்

II தமிழ்—ஆங்கிலம்

அக அதிர்ப்பான் - local oscillator
அகடு - trough
அகற்சி விசை - centrifugal force
அசல் - original
அசைவு - vibration
அசைவு நேரம் - period of vibration
அடர்த்தி - density
அடிப்படை விதிகள் - basic principles
அடி வானம் - horizon
அடைப்பி - choke
அட்டவணை - chart
அணு - atom
அணு எடை - atomic weight
அணு எரிப்பு - atomic combustion
அணுக் கரு - atomic nucleus
அணுக் கொள்கை - atomic theory
அணு நிலை - atomic state
அணு நொறுக்கி - atomic smasher
அணு வெண் - atomic number
அண்மைப் பிணைவு - cohesion
அமிலம் - acid
அமுக்க மானி - pressure gauge
அமுக்கம் - pressure
அம்மீட்டர் - ammeter
அயனி - ion
அரை வளைய மின் திரட்டி - split ring commutator
அலகு - unit
அலை - wave
அலை இயக்கக் கொள்கை - wave theory
அலை நீளம் - wave length
அலைவு நேரம்-period of oscillation
அலைவெண் - frequency
அலோகம் - non-metal
அளவற்ற தொலை - infinite distance
அளவற்ற நேரம் - infinite time
அளவு - measurement, scale
அளவுக் குறி - graduation
அழுத்திய, இறுக்கிய - compressed
ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு-Angstrom unit
ஆம்பியர் - ampere
ஆய்வுக் கூடம் - laboratory
ஆரத் தூரம் - radial distance
ஆர்க் விளக்கு - arc lamp
ஆல்கஹால் - alcohol
ஆல்பாக் கதிர்கள் - alpha rays
ஆல்பாத் துகள் - alpha particle
ஆற்றல் - energy
ஆற்றலின் அழிவின்மை விதி - law of conservation of energy
இக்கனுஸ்கோப் - iconos cope
இடஞ் சுழியாக – anti-clockwise
இட துகைப் பெருவிரல் விதி - left hand thumb rule
இடவல மாற்றம் - lateral inversion
இடைத் திரை - diaphragm
இணங்கிய அலைகள் - modulated waves
இணைச் சுற்று டைனமோ - shunt wound dynamo
இணையாக்கி - collimator
இணையான - parallel
இயக்கம் - motion
இயக்க இயல் - dynamics
இயக்க ஆற்றல் - kinetic energy
இயந்திர ஆற்றல் - mechanical energy
இயந்திரத் தொடர்புள்ள (பொறித் தொடர்புள்ள) - mechanical
இயந்திரத் தண்டு - shaft
இரசவாதி - alchemist
இரு முனைக் குழாய் - diode
இலக்கு - target
இளகல் - fusion
ஈரமானி - hygrometer
ஈரப்பதன் - humidity
ஈர்ப்பு - gravity
ஈர்ப்பு விதி - law of gravitation
ஈர்ப்பு மையம் - centre of gravity
உடனுற்பத்திப் பொருள் - bi-product
உட்கவர்தல் - absorption
உட்கவர் நிறமாலை - absorption spectrum
உட்கவர் திறன் - absorption power

உந்து விசை, தள்ளுதல் - thrust
உப்பு - salt
உமிழ் நிறமாலை - emission spectrum
உயிர் நூல் - biology
உராய்வு - friction
உருகு கம்பி - fuse wire
உரு மாற்றம் - transmutation
உருப் பெருக்கம் - magnification
உருப் பெருக்கு திறன் -magnifying power
உருளை, குழல் - cylinder
உள்ளகம் - core
உள்ளெரி - internal combustion
உலோகக் கலவை - alloy
உலோகம் - metal
உருகு நிலை - melting point
உறை நிலை - freezing point
ஊசலி - pendulum
ஊசித்துளைப் பெட்டி - pinhole camera
ஊடகம் - medium
ஊடுருவும் திறன் - penetrating power
ஊர்தி அலைகள் - carrier waves
ஊற்றம் - momentum
எஃகு - steel
எக்ஸ்-அச்சு - x-axis
எக்ஸ்-கதிர்கள் - x-rays
எக்ஸ்-கதிர் ஒளிப்படம் - radio-graph
எச்சம் - residue
எஞ்சின் எந்திரம் - engine (பொறி)
எண்ணெய் எஞ்சின் - oil engine
எதிரான - negative
எதிரிடை - opposite
எதிரொலி - echo
எதிர் மின்வாய் - cathode
எதிர் மின்னியக்கு விசை - back E. M. F.
எதிர் மின்னூட்டம் - negative charge
எதிர் முடுக்கம் - retardation
எதிர் முனை - negative pole
எதிர் முனைக் கதிர்க் குழாய் - cathode ray tube, cathode ray oscillo-graph
எதிர் வகைத் தகடு - negative plate
எதிர் வகைப் படிமம் - negative image
எதிர் விசை - reaction
எரிதல் - combustion
எரி பொருள் - fuel
எலெக்ட்ரான் - electron
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி - elec-tron microscope
ஏரியல் - aerial
ஏவுகணை - guided missile
ஏறக்குறைய - approximate
ஏற்கப்பட்ட சைகை - received signal
ஏற்பி (வானொலி) - receiver (radio)
ஏற்றல் - reception
ஐசோடோப்பு - isotope
ஒட்டுந் தன்மை - adhesiveness
ஒதுக்கம் - deflection, deviation
ஒத்த அதிர்வு - resonance
ஒத்த துருவங்கள் - like poles
ஒருமுக அலைகள் - rectified waves
ஒரு முகப்படுத்துதல் - rectification
ஒரு முக மின் அழிப்பான் - rectifier
ஒலி அலைகள் - sound waves
ஒலிச் சுருள் - voice coil
ஒலி பெருக்கி - loud speaker
ஒலி வாங்கி - microphone
ஒளி ஊடுருவா - opaque
ஒளி கசியும் தன்மை - transluscent
ஒளிக் கற்றை - beam of light
ஒளிச் சேர்க்கை - photo-synthesis
ஒளி புகா - light tight
ஒளி புகும் - transparent
ஒளிப்படக் கருவி - camera
ஒளிப் படக் கலை - photography
ஒளிப் படத் தகடு - photographic plate
ஒளிப்பட நுண்ணியல் - micro-photography
ஒளிப்படம் - photograph
ஒளிப்புள்ளிப் பாகிடல் - spot light scanning
ஒளிப் பொலிவு - photo-lumines-cence
ஒளி மின்கலம் - photo-electric cell
ஒளி யாக்கம் - sceince of illumina-tion

ஒளியியற் கருவி - optical lantern
ஒளிர்தல் - fluorescence
ஒளிர் திரை -fluorescent screen
ஒளிர் விளக்கு - fluorescent lamp
ஒளி வருடம் - light year
ஒளி விலகல் - refraction of light
ஒளிவெள்ளப் பாகிடல் - flood light scanning
ஒழுங்கு படுத்தும் - regulating
ஒன்றிப்புச் சுற்று - tuning circuit
ஓம் - ohm
ஓரச்சாக - co-axial
ஃபிளின்ட் கண்ணாடி - flint glass
ஃபோனோகிராப் - phonograph
கடத்தல் - conduction
கடத்தாப் பொருள் - non- conductor, insulator
கடத்தி - conductor
கட்டி, கழலை - tumour
கட்டுப் படுத்தும் சாதனம் - control device
கணை - missile
கண் வில்லை - eye lens
கதிரியக்க ஐசோடோப்பு - radio-isotope
கதிர் வீச்சு - radiation
கந்தக அமிலம் - sulphuric acid
கந்தகம் - sulphur
கபாடம் - valve
கப்பி - pulley
கம்பி யிழை - filament
கம்பி யிழை விளக்கு - filament lamp
கம்பி வலை - grid
கரி - carbon
கரு - nucleus
கரைசல் - solution
கல் நார் - asbestos
கவ்வி - escapement
கனிப் பொருள் - mineral
காட்மியம் - cadmium
காந்தக் கட்டை - bar magnet
காந்த மண்டலம் - magnetic field
காந்தம் - magnetism
காந்த மண்டலச் சுருள் - field coil
காந்த விளைவு - magnetic effect
காப்பிடப்பட்ட - insulated
காமாக் கதிர்கள் - gamma rays
கால்வனு மீட்டர் - galvanometer
காற்றமுக்கம் - atmospheric pressure
காற்று மண்டலம் - atmosphere
காற்றுப் புகா - air tight
காஸ்மிக் கதிர்கள் - cosmic rays
கிடை மட்டம் - horizontal
கிரகணம் - eclipse
கிராஃபைட் - graphite
கிரியா ஊக்கி (செயல் ஊக்கி) - catalyst
கிலோ கிராம் - kilogram
கினெட்டோஸ் கோப் - kinotoscope
குணப்படுத்தும் - curative
குதிரைத் திறன் - horse power
குடுவை - flask
குமிழ் - knob
குமிழி - bubble
குவியாடி - convex mirror
குவிந்த - convergent
குவிப்பான் (காந்த) - magnetic condenser
குவியத் தூரம் - focal length
குவியம் - focus
குவி வில்லை - convex lens
குழல் - cylinder
குழாயின் நுனி - nozzle
குழி ஆடி - concave mirror
குழி வில்லை - concave lens
குறியீடு - code
குறுக்களவு - diameter
குறுக்கீடு - interference
குற்றலைகள் - short waves
குற்ற இயல் - criminology
கூட்டுப் பொருள் - compound
கூட்டு நுண்ணோக்கி - compound microscope
கூம்பு - cone
கூர் நுனிக் குழாய் - nozzle
கூறு - component
கேசொலின் - gasolene
கேடயம் - shield
கொதி கலன் - boiler
கொதி நிலை - boiling point
கொள்ளளவு - capacity
கோட்பாட்டு - theoretical
கோணம் - angle

கோள் - planet
சம நிலை - balance, equilibrium
சமன்பாடு - equation
சமதள ஆடி - plane mirror
சராசரி - average
சராசரிப் பருதி நாள் - mean solar day
சாய்வு - inclination
சாராயம் - alcohol
சார்புக் கொள்கை - relativity
சிதறொளி - scattered light
சிற்றலைகள் - ripples
சுத்தி செய்யப்படாத - crude
சுருதி - pitch
சுருள் - coil
சுருள் வில் - spiral spring
சுழலும் - rotary
சுழல் சுருள் - armature
சுழல் முனை - pivot
சுழற்சி - cycle
சுற்று - circuit, revolution
சுற்றளவு தூரம் - circumferential distance
சுற்றளவு - circumference
சூத்திரம் - formula
சூப்பர் ஹெட் ஏற்பி - superhet-receiver
சூரிய மண்டலம் - solar system
சூரிய வட்டில் - sun dial
செங்குத்து - vertical
செயற்கைத் திங்கள் - artificial satellite
செயற்கைக் கதிரியக்கம் - artificial radio-activity
செய்முறை - process
செலுத்தி - injector
செலுலாய்டு - celluloid
செறிவு - intensity
சேர்க்கை முறை - additive process
சைக்ளோட்ரான் - cyclotron
சோடிய ஆவி விளக்கு - sodium vapour lamp
சோதனைக் கூடம் - laboratory
டங்ஸ்டன் - tungsten
டர்போ-ஜெட் - turbo-jet
டீசல் எஞ்சின் - Diesel engine
டைனமோ - dynamo
தடுப்பான் - brake
தடை - resistance
தடை மாற்றி - rheostat
தணிப்பான் - moderator
தண்டு - shaft, spindle
தத்துவம் - principle
தந்தி - telegraph
தராசு - balance
தரமான - standard
தளம் - plane
தற்காலிகக் காந்தம் - temporary magnet
தற்காப்புக் கபாடம் - safety valve
தனிச் சுழி - absolute zero
தனி நுண்ணோக்கி - simple microscope
தன்னொளி - self-luminous
தாக்கு - action, bombard, stroke
திங்கள் - satellite
திசு - tissue
திசை காட்டி - compass
திடப்பொருள் - solid
திரவமானி - hydrometer
திரவம், நீர்மப் பொருள் - liquid
திருகு - screw
திருப்பம் - reflection
திருப்பு முறைத் தொலை நோக்கி - reflecting telescope
திரும்பி வெளியிடு - reproduce
திரும்பி வெளியிடுதல் - reproduction
திரைப்படக் காட்சி - cinematography
திரை - screen
திரைப்பட ஒளிப்படக் கருவி - cine-camera
திறப்பு - opening
திறன் - power
திரைப்படக் கருவி - cinematograph
துடிப்புகள் - pulses
துணை - auxiliary
துருத்தி - bellows
துளை - aperture, slit
தூக்கி - lift
தூண்டு மின்னோட்டம் - induced current
தூண்டு காந்தம் - induced magnet
தூண்டு திறன் - self-inductance

தூய நிறமாலை - pure spectrum
தெளிவுப் பார்வையின் குறைந்த தூரம் - least distance of distinct vision
தெளிவுறுத்தல் - developing
தென் முனை, - south pole
தேய்த்த கண்ணாடி - ground glass
தைராயிடு புற்று நோய் - thyroid cancer
தொடக்கப் பொருள் - starting material
தொடக்கி - starter
தொடரியக்கம் - chain reaction
தொடர் இணைப்பு - series connection
தொடர் இணைச் சுற்று - compound wound
தொடர் சுற்று - series wound
தொடர் நிறமாலை - continuous spectrum
தொடர்பு - communication
தொடு வானம் - horizon
தொலைக் காட்சி - television
தொலை நோக்கி - telescope
தொலை பேசி - telephone
தோரியம் - thorium
தோற்ற அளவில் - apparent
நகர் முறை - convection
நடுத்தர அலைகள் - medium waves
நழுவும் – slide
நிமிடம் - minute (time)
நியான் வாயு - neon gas
நியூட்டனின் தொலை நோக்கி - Newton's telescope
நியூட்ரான் - neutron
நிலைத்த காந்தம் - permanent magnet
நிலை நிறுத்து - fix
நிலை பெறச் செய்தல் - fixing
நிலையான - stable, stationary
நிறப் பிரிகை - dispersion
நிறப்பிறழ்ச்சி - chromatic aberration
நிறமாலை - spectrum
நிறமாலை அளவி - spectrometer
நிறமாலை வரிகள் - spectral line
நீக்கல் முறை - subtractive process
நீராவி எஞ்சின் - steam engine
நீர்க் கடிகாரம் - water-clock
நீர்மப் பொருள் - liquid
நீர் மூழ்கிக் கப்பல் - submarine
நீள் வட்டம் - ellipse
நுரை - foam
நுண் குழாய் - capillary
நுண் துகள் - corpuscles
நுண் பொருள் ஒளிப்பட இயல் - photo-micrography
நுண்ணோக்கி - microscope
நெட்டலைகள் - long waves
நெடுந் தொலை ஒளிப்படக் கலை - telephotography
நெம்பு கோல் - lever
நேரான - positive
நேர்மின் டைனமோ - D. C. dynamo
நேர்மின் முனை (நேர்மின் வாய்) - anode
நேர் மின்னூட்டம் - positive charge
நேர் மின்னோட்டம் - direct current
நேர் வகைத் தகடு - positive plate
நேர் வகைப் படிமம் - positive image
நேர்விகிதம் - direct proportion
நேர் வேகம் - velocity
பகு ஆற்றல் - resolving power
பகுதிப் பொருள் - constituent
படலம் - film
படிகம் - crystal
படிகள், பிரதிகள் - copies
படிமம் - image
படுகதிர் - incident ray
பட்டை நிறமாலை - band spectrum
பண்பு - quality
பயனுறு திறன் - efficiency
பயாஸ்கோப் - bioscope
பரப்பி - transmitter
பரப்புதல் - broadcasting, transmission, propagation
பரவி விரவு - diffuse
பரிமாணம் - dimension
பருமன் - volume
பற் சக்கரம் - toothed wheel
பனி நிலை - dew point
பாகிடல் - scanning
பாகு நிலை - viscous state
பாக்டீரியா - bacteria

பாய் பொருள் - fluid
பார்வை நீடிப்பு - persistence of vision
பியூரெட் - burette
பிரகாசம், மிளிர்தல் - illumination
பிரதி எடுத்தல் - printing
பிரதிகள் - copies
பிளவு - slit, fission
பின்னிப் பாகிடல் - interlaced scanning
பின்னும் ஒளிர்தல் - phosphorescence
பிஸ்டன் - piston
பீட்டாக் கதிர்கள் - beta-rays
புகுவாய், - inlet
புதுக் கண்டு பிடிப்பு - invention
புரதம் - protein
புரோட்டான் - proton
புவி இயல் தொலை நோக்கி - terrestrial telescope
புள்ளிகள் - spots
புற ஊதாக் கதிர்கள் - ultra-violet rays
புற்று நோய் - cancer
பெருக்கி - amplifier
பென்சில் கரி - graphite (கிராபைட்)
பைரக்ஸ் கண்ணடி - pyrex glass
பைனக்குலர் - binocular
பொது மைய வட்டம் - concentric circle
பொருத்தி - switch
பொருண்மை - mass
பொருண்மையின் அழிவின்மை விதி- law of conservation of mass
பொருண்மை எண் - mass number
பொருள் - matter
பொருள் வில்லை - objective
பொலிவுத் திரை - mosaic screen
பொலோனியம் - polonium
பொறி - machine
பொறி ஆற்றல் - mechanical energy
பொறி நுட்பத்துறை - technology
ப்ரௌனின் இயக்கம் - Brownian movement
மங்கலான - blurred
மஞ்சள் தாள் - turmeric paper
மணல் கடிகாரம் - sand glass.
மண்டலம் - field
மந்த வாயு - inert gas
மறைந்த - latent
மறைந்த படிமம் - latent image
மாதிரி - sample
மாயப் படிமம் - virtual image
மாறவல்ல மின்தேற்பி - variable codenser
மாறு அடர்த்தி முறை - variable density method
மாறு பரப்பு முறை - variable area method
மாறு மின் டைனமோ - A. C. dynamo
மாறு மின்னோட்டம் - alternating current
மாற்றச்சு - crank
மிதப்பு - buoyancy
மிதவை - buoy
மிளிர்தல், பிரகாசம் - illumination
மின் அழுத்தம் - voltage
மின் அழுத்த வேறுபாடு - potential difference
மின் உற்பத்தி நிலையம் - power house
மின்கல அடுக்கு - battery
மின்கலம் - cell
மின் காந்த அலைகள் - electro magnetic waves
மின் காந்தக் கொள்கை - electro-magnetic theory
மின் காந்தம் - electro magnet
மின்சார மணி - electric bell
மின்சாரம் - electricity
மின்சாரத் தீப்பொறி - electric spark
மின் சேமக் கலம் - accumulator
மின் துடிப்புகள் - electric pulses
மின் தூண்டு சுருள் - inductance
மின் தூண்டு சுருள் கருவி - induction coil
மின் திரட்டி - commutator
மின் பகு பொருள் - electrolyte
மின் போக்கு மாற்றி - commutator
மின் மண்டலம் - electric field
மின் முலாம் பூசுதல் - electroplating

மின் முனை. மின்வாய் - electrode
மின் மோட்டார் - electric motor
மின்னருவி விளக்கு - discharge lamp
மின்னழுத்த வேறுபாடு - potential difference
மின்னாற் பகுப்பு - electrolysis
மின்னியக்கு விசை - electro motive force (E. M. F.)
மின்னுரு - electrical particle
மின்னூட்டு - electrify
மின்னூட்டம் - electriç charge
மின்னேற்பி - condenser, capacitor
மின்னேற்பியின் கொள்ளளவு - capacity of the condenser
மின்னோட்டம் - current
மீ வெப்ப - super heated
மீள் தன்மை - elasticity
முகடு - crest
முகவை - beaker
முடுக்கம் - acceleration
முபபட்டகம் - prism
முப்பட்டக பைனகுலர் - prismatic binocular
முப்பரி மாண - three dimensional
மும் முனைக் குழாய் - triode
முழு உட்டிருப்புப் பட்டகம் - total reflection prism
முள் - pointer
முழு உட்டிருப்பம் - total internal reflection
முனைகள் - poles
முன் தள்ளி - air screw, propeller
மூலக அட்டவணை - periodic table
மூலகம் - element
மூலக் கூறு - molecule
மூலக் கூறுக் கொள்கை - molecular theory
மெய்ப் படிமம் - real image
மெய் - real
மெழுகு வர்த்தி - candle
மைக்ரோ விநாடி - micro-second
மையம்நாடு - centripetal
மோதல் - collision
மோட்டார் - motor
ரஸாயனக் கரைசல் - chemical solution
ரஸாயன விளைவு - chemical effect
ராக்கெட் - rocket
ரேடார் - radar
ரேடியம் - radium
வகைகள் - categories
வட முனை - north pole
வடி தகடு - filter
வட்டப் பகுதி - arc
வண்ண ஒளிப் படக்கலை - colour photography
வண்ணக் கவசம் - chromosphere
வண்ணம் - pigments
வத்தித் திறன் - candle power
வரம்பு அளவு - critical size
வரம்புப் பொருண்மை - critical mass
வரிச் சுருள் - solenoid
வரி நிற மாலை - line spectrum
வரை படம் - graph
வலஞ் சுழி - clockwise
வலது கைப் பெருவிரல் விதி - right hand thumb rule
வளி - air
வளைவு - curvature
வாட் - watt
வாயு - gas
வார்ப்பு - casting
வான ஊர்தி - aeroplane
வான வெளிப் பயணம் - space travel
வானாராய்ச்சி நிலையம் - observatory (Astronomical)
வானியல் - astronomy
வானியல் பௌதிகம்- Astro-Physics
வானிலைத் தொலை நோக்கி - Astro-nomical telescope
வானொலி, ரேடியோ - radio
வானொலி அலை - radio wave, wireless wave
வான் கலம் - aircraft
விசிறி அமைப்பு - turbine
விசை - force
விசைக் கோடு - line of force
விசைப் பம்பு - force pump
விட்டம் - diameter
விண்ணி - ether
விண் மீன் - star
விமானி - pilot
விம்மல் - beats

வியாழன் - Jupiter
விரி - diverge
விரிவு - expansion
விலகல் - refraction
விலகல் முறைத் தொலைநோக்கி - refracting telescope
விலகு எண் - refractive index
வில் - spring
விழித் திரை - retina
விளக்கப்படம் - diagram
விளக்கு - lamp
வில்லை - lens
விளிம்பு - rim
விளைவு - effect
வீச்சு - amplitude
வெடித்தல் - explosion
வெப்ப நிலை - temperature
வெப்ப நிலை மானி - thermometer
வெப்பக் கடத்தல் - heat conduction
வெப்பக் கதிர் வீச்சு - radiation of heat
வெப்ப நகர் முறை - convection of heat
வெளிச் சிவப்புக் கதிர்கள் - infra red rays
வெள்ளிப் புரோமைடு - silver bromide
வெற்றிடம் - vacuum
வைட்டமின் - vitamin
வோல்டாக் கலம் - voltaic cell
வோல்ட் - volt
வோல்ட்டா மீட்டர் - voltameter
வோல்ட் மீட்டர் - voltmeter
ஜெட் குழாய் - jet tube
ஜெட் விமானம் - jet plane
ஸ்டீரியோஸ் கோப் - sterioscope
ஹைட்ரஜன் குண்டு - hydrogen bomb

பிழையும் திருத்தமும்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
1	13	பின்னோக்கி	பின்னேக்கி
1	14	முன்னோக்கி	முன்னேக்கி
27	27	படட்து	பட்டது
43	24	பிட்டோம	பிட்டோம்
87	1	ஓரளவு	ஓரளவு
120	19	உடையதாயிருக்கும்	உடையனவாயிருக்கும்
162	15	இதிலிருந்த	இதிலிருந்து
171	5	இருந்து	இருந்தது
171	32	இது	இவை